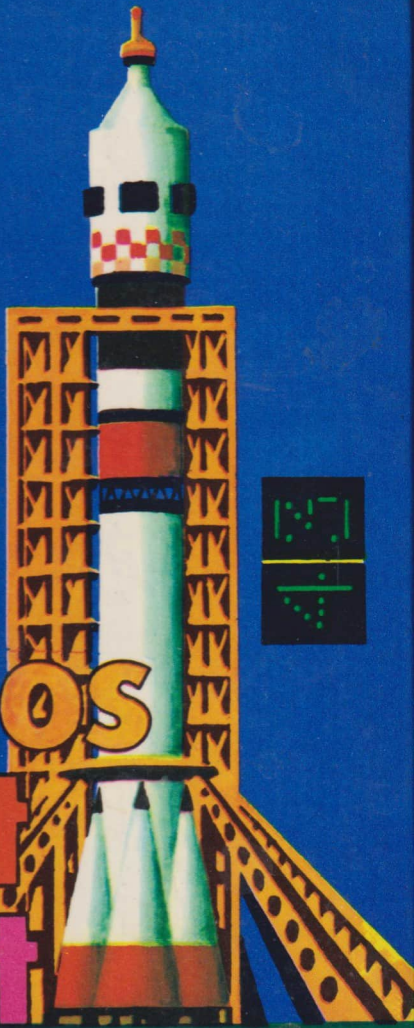
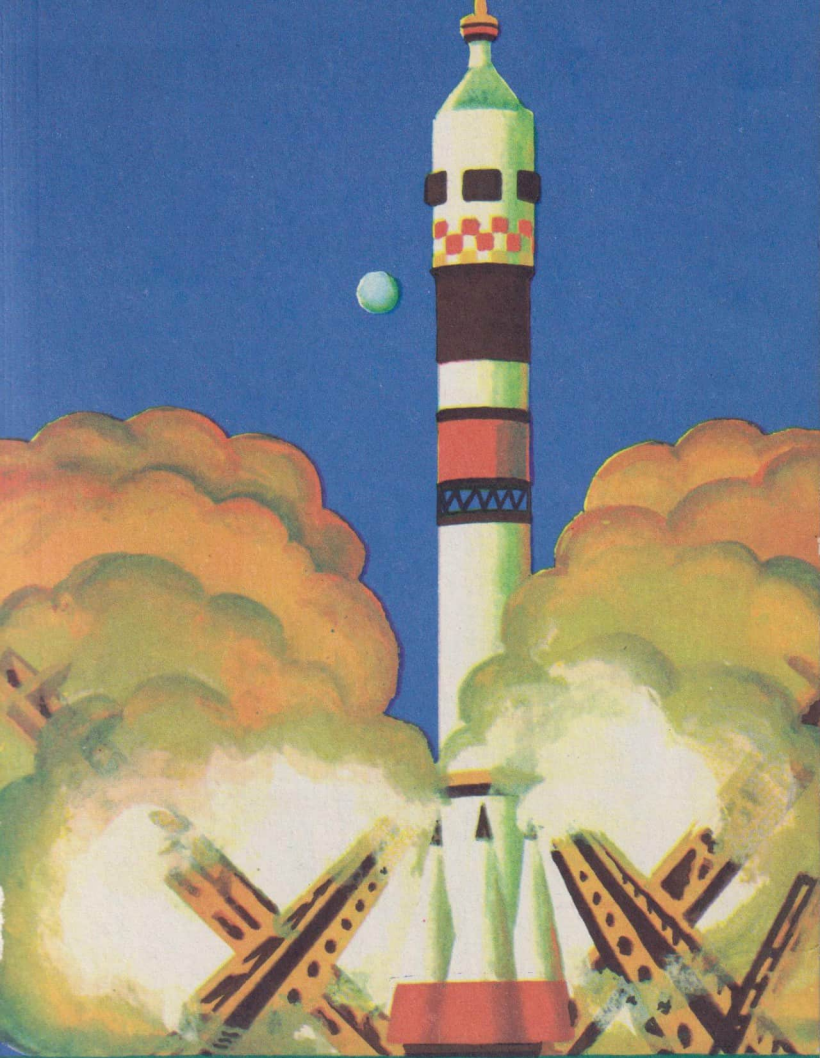


F.Rabisa

**Den
Kosmos
selbst
erlebt**





1



Verlag
Mir
Moskau



F.Rabisa

2



Den selbst

Unterhaltsame
Versuche
an deinem
Arbeitstisch



Kosmos erlebt

Verlag
Mir
Moskau





Titel der Originalausgabe:	In die deutsche Sprache
Ф. В. Рабиза	übersetzt
Космос у тебя дома	von Ernst Lemke
Издательство	
«Детская литература»	Künstlerische Gestaltung:
Москва	I. Krawzow

© 1983 Verlag MIR, Moskau
1. Auflage
Best.-Nr. 298 395 7

LIEBE FREUNDE! Viele von euch träumen natürlich von einem Aufenthalt im Kosmos, sogar davon, Fliegerkosmonauten zu werden, um an der Eroberung des kosmischen Raumes teilzunehmen und andere Planeten zu betreten. Der Weg in den Kosmos, das sei hier vermerkt, ist jedoch nicht leicht. Die Eroberung des Kosmos—das ist nicht nur Romantik oder gar verlockende Abenteuer, wie sie in der wissenschaftlich-phantastischen Literatur beschrieben werden. Demjenigen, der sich dem Kosmos verschreiben will, dem sei gesagt: Die Eroberung des Kosmos ist eine risiko- und entbehrungsreiche Arbeit.

Womit beginnt der Weg in den Kosmos? Zuallererst mit guten Leistungen in der Schule. Zukünftige Kosmonauten zeichnen sich durch ihre Bildung aus und treiben viel Sport, damit sie gesund, kräftig und ausdauernd sind.

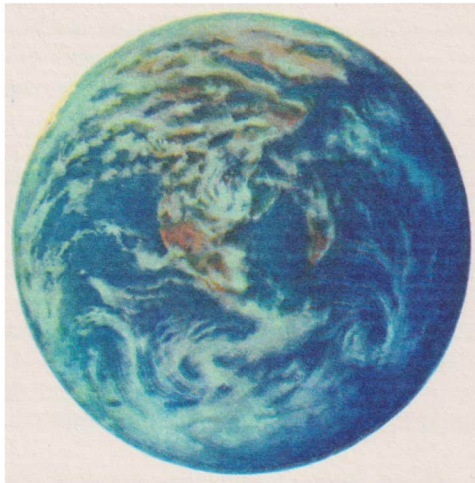
Ihr lest natürlich Bücher über den Kosmos. Das Buch, das ihr gerade in Händen haltet, handelt ebenfalls von ihm. Es ist weder "Lesebuch" noch Lehrbuch. Man sollte es nicht einfach lesen, sondern mit eigenen Händen das nachbauen, worüber im Buch geschrieben ist—einfache Modelle und Geräte, mit denen ihr interessante und mit dem Kosmos verbundene Experimente durchführen werdet.

Wer weiß, vielleicht werden gerade diese einfachen Experimente euer erster Schritt in den Kosmos?

Ich wünsche euch Erfolg, Freunde! Glückliche Reise!

*Held
der Sowjetunion
Fliegerkosmonaut
W. Lasarew*

A large, stylized handwritten signature in blue ink, which appears to be 'W. Lasarew'.





VORWORT	9
Die Atmosphäre und das Vakuum	11
Die Schwerelosigkeit	31
Versuche zur Wärmeenergie	50
Wir machen uns mit den Bewegungsgesetzen bekannt	68
Versuche zur Rückstoßbewegung	89
Die Erde-ein kosmischer Kreisel	113
Durch die Unweiten von Raum und Zeit	129
Versuche in der Luft	162
Planetenmobile	176
Kosmische Phantasien	196

DEIN
WERKZEUGKASTEN





LIEBE FREUNDE! Wir leben in der Zeit der Eroberung des kosmischen Raumes. Der erste Mensch im All war Juri Gagarin. Seine Erdumkreisung mit dem Raumschiff „Wostok“ am 12. April 1961 stellt ein historisches Ereignis dar.

Vor Gagarins Flug begeisterte alle Welt der erste künstliche Erdsatellit, der in der Sowjetunion gestartet worden war. Heute umkreisen sehr viele künstliche Satelliten die Erde, interplanetare automatische Stationen fliegen nicht nur zum Mond, sondern auch zur Venus, zum Mars und noch weiter.

Und welche große wissenschaftliche Arbeit vollbringen unsere Kosmonauten während ihrer Raumflüge und Aufenthalte in den Orbitalstationen!

Die Eroberung des kosmischen Raumes hat erst begonnen. Es steht noch viel Arbeit bevor. Wer sich der Eroberung des Kosmos widmen will, soll sich schon jetzt dafür vorbereiten.

Um Kosmonaut, Raketenkonstrukteur oder Weltraumforscher zu werden, muß man viel wissen, Experimente durchführen und Untersuchungen anstellen können. Vorliegendes Buch hilft euch, selbständig Versuche auszuführen. Natürlich ist in diesem Buch (die Idee stammt von dem Schriftsteller W. D. Pekelis) nicht vom wirklichen Kosmos die Rede. Es schildert Versuche, die mit kosmischen Erscheinungen im Zusammenhang stehen. Ihr könnt sie zu Hause oder in einer technischen Arbeitsgemeinschaft ausführen. Die beschriebenen Versuche beruhen auf physikalischen Gesetzen, die ihr in der Schule lernt. Ihr findet Versuche zum atmosphärischen Luftdruck und zum Vakuum, zu Wärmeerscheinungen, Trägheit und Schwerelosigkeit. Sehr einfache Versuche zur Spektralanalyse werden angeführt; das Prinzip der Fernsteuerung von Planetenmobilen und die Rückkehr eines „Landungsapparates“ zur Erde mit einem Fallschirm oder mittels weicher Landung ohne Fallschirm werden euch klar. Es wird auch beschrieben, wie ihr ein kosmisches Manöver – die Kopplung zweier Kastendrachen – durchführen könnt.

Das Buch hilft euch, euer Wissen in der Praxis zu überprüfen und auch selbst einige kleine Erfindungen zu machen. Zu den einfachen Modellen, die ihr selbst bauen könnt, sind keine Zeichnungen abgedruckt. Der

- | | | |
|---------------|------------------|-------------------|
| 1 Schere | 5 Schraubenstock | 9 Schraubenzieher |
| 2 Hobel | 6 Laubsäge | 10 Hammer |
| 3 Drillbohrer | 7 Bolzen | 11 Metallsäge |
| 4 Nadel | 8 Säge | 12 Flachzange |

Verfasser wollte, daß ihr selbst die Initiative ergreift und die euch erreichbaren Materialien verwendet. Um die für die Versuche und künftige Selbstbauten nötigen Materialien zu speichern, schafft euch zu Hause ein Kästchen mit Abteilungen an, wo ihr dann passende Bauteile und Halbfabrikate: Schrauben, Mutter, Scheiben, Rohre unterschiedlicher Größen, Draht, Spulen und Fotokassetten, Kugeln aus Kugellagern, Teile alter Spielsachen, sammeln könnt.

Wir sollen uns auch über die Arbeitsweise verständigen. Man soll während der Arbeit akkurat sein: das Werkzeug nicht herumliegen lassen, den Arbeitsplatz aufräumen. Man sollte auch keine Haushaltsgegenstände benutzen, wenn sie dabei verdorben werden könnten. Wenn ihr irgend etwas für den nächstfolgenden Versuch braucht, so fragt um Erlaubnis.

Jeden der angeführten Versuche hat der Verfasser selbst angestellt. Um jedes der hier beschriebenen Experimenten ausführen zu können, muß man ständig beharrlich und akkurat an die Arbeit gehen.

Während des Bastelns können die verschiedensten Schwierigkeiten entstehen – geniert euch dann nicht, einen Freund, die Eltern oder euren Lehrer um Rat zu bitten. Ihr werdet während dieser Arbeit bestimmte Fertigkeiten als Schlosser und Tischler erwerben. Die gesammelte Erfahrung könnt ihr dann später mit euren Freunden austauschen.

Viel Erfolg, liebe Freunde!

ZWEI UNVERSÖHNLICHE FEINDE. Wenn wir vom Kosmos sprechen, denken wir an einen kalten luftleeren Raum, der über der Erdatmosphäre anfängt. Der Raum ist tot. Da er luftleer ist, gibt es in ihm kein Leben.

Auf der Erde existiert unter natürlichen Bedingungen kein Vakuum. Die irdische Natur verträgt die Leere nicht. Die geringste Verdünnung der Atmosphäre an einem Ort wird augenblicklich von der angrenzenden Luft nachgefüllt. Wenn aber unter der Erde leere Räume entstehen, z. B. bei der Verschiebung riesiger Teile der Erdkruste während vulkanischer Vorgänge, so füllen sie sich augenblicklich mit Wasser, Erdöl, Gas, Luft oder manchmal mit flüssiger Lava.

Die Atmosphäre und das Vakuum

Auch im Weltraum finden wir keine ideale Leere, sondern ein sehr dünnes Gas, vermischt mit feinem kosmischem Staub, vor, wenn auch letzterer nur in sehr geringen Mengen enthalten ist.

Der Mensch hat nicht immer gewußt, daß die Luft ein Gewicht besitzt. Luft wurde lange Zeit für schwerelos gehalten. Auf der Erdoberfläche hat Luft ein recht beeindruckendes Gewicht. Sie drückt auf alles mit einer Kraft von etwa einem Kilopond pro Quadratzentimeter. Das ist der atmosphärische Luftdruck. Er wird von uns ohne weiteres erduldet, wir merken ihn sogar nicht, weil der in uns herrschende Druck genauso groß ist. Unter natürlichen Bedingungen trifft man kein Vakuum. Außerhalb der Erde und ihrer Atmosphäre jedoch, im Kosmos, ist das Vakuum mächtig und tückisch. Die winzige Atmosphäre eines Raumschiffes ist vor dem umgebenden Vakuum zu schützen – ein Raumschiff muß luftdicht sein. Aus diesem Grunde müssen alle seine Luken hermetisch verschließbar sein. Ein kleinster Spalt oder ein Fehler würden ausreichen, um alle Luft, die im Raumschiff ist, in die kosmische Leere entweichen zu lassen.

Steigt ein Kosmonaut in den Weltraum, so benutzt er dazu einen Raumanzug, der mit einem Atmungsgerät versehen ist. Zuerst zieht sich der Kosmonaut durch eine Luke in die Schleusenkammer, welche dann sorgfältig verschlossen wird. Danach öffnet er die Außenluke. Die kleine Luftmenge in der Schleusenkammer entweicht dabei schnell in den Kosmos. Der Kosmonaut tritt heraus.

Hier entsteht die Frage, warum nicht auch die Lufthülle der Erde in die riesigen Weiten des Kosmos entweicht? Was hält die Luft an der Erde?

Wir müssen uns bei der Erdanziehung bedanken, denn sie hält nicht nur alle Gegenstände und uns alle fest auf der Erde, sondern auch die Luft. Nähern wir uns der Erdoberfläche, so nimmt die Dichte der Luft zu. In 100 km Höhe ist sie so gering, daß man sagen kann, hier beginnt der Kosmos.

Die Planeten, die kleiner als die Erde sind, besitzen eine kleinere Anziehungskraft, und deshalb haben sie entweder gar keine Atmosphäre, oder diese ist sehr dünn.

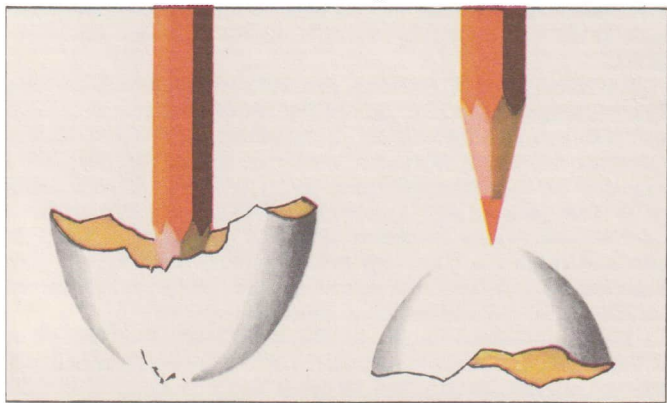
Vakuum ist aber nicht nur „schädlich“; es kann auch nützlich und sogar notwendig sein. In manchen Industriezweigen kann man ohne Vakuum nicht auskommen, weshalb man es künstlich erzeugt. Natürlich läßt sich kein ideales Vakuum herstellen und erst recht kein kosmisches. Luftpumpen können aber die für die verschiedenen und zahlreichen technischen Zwecke erforderlichen Verdünnungen erreichen. Vakua werden in der Metallurgie zur Erzeugung von Edeltählen angewendet, beim Metallguß und in vielen anderen Industriezweigen. Alle Glühbirnen und Fernsehrohre könnten nicht funktionieren, wenn sie nicht entlüftet wären.

Auch das kosmische Vakuum bringt Vorteile mit sich: Raumschiffe fliegen dadurch im luftleeren Raum und erfahren keinen Luftwiderstand. Die Astronomen aller Länder träumen von Observatorien, die außerhalb der Erdatmosphäre eingerichtet sind, wo Luft nicht mehr die Beobachtung der Himmelskörper stört. Schon jetzt werden bestimmte astronomische Beobachtungen an Bord von Orbitalstationen erfolgreich durchgeführt.

DAS VAKUUM ZU HAUSE. Auch bei euch zu Hause gibt es sicherlich Geräte, in denen das Vakuum sozusagen „konserviert“ ist.

Nicht nur Glühlampen sind luftleer, sondern auch die Elektronenröhren der Röhrenempfänger und Fernsehgeräte. Die von der glühenden Kathode ausgesendeten Elektronen sollen auf ihrem Weg zur Anode keine Hindernisse treffen. Das ist jedoch nur dann der Fall, wenn die enthaltene Luft sehr verdünnt ist. Dasselbe gilt für die Fernschröhre. Der Elektronenstrahl soll auf den Schirm fallen und hier das Bild schreiben können, das wir während des Fernsehprogramms sehen. Das ist nur möglich, wenn er in der Röhre nicht behindert wird. Nicht ohne Absicht ist der Bildschirm konvex gewölbt. Er hält dadurch besser dem atmosphärischen Luftdruck stand, der recht stark ist: Bei einer Bildschirmfläche von 730 cm^2 drückt die Luft mit einer Kraft von 730 kp auf den Schirm; das sind fast $3/4$ einer Tonne. Die konvexe Fläche kann einer solchen Belastung genügend Widerstand entgegenbringen.

Brücken und Gebäude zeigen Bögen, weil die Baumaterialien Drücke besser aushalten als Dehnungen. Dasselbe läßt sich nicht



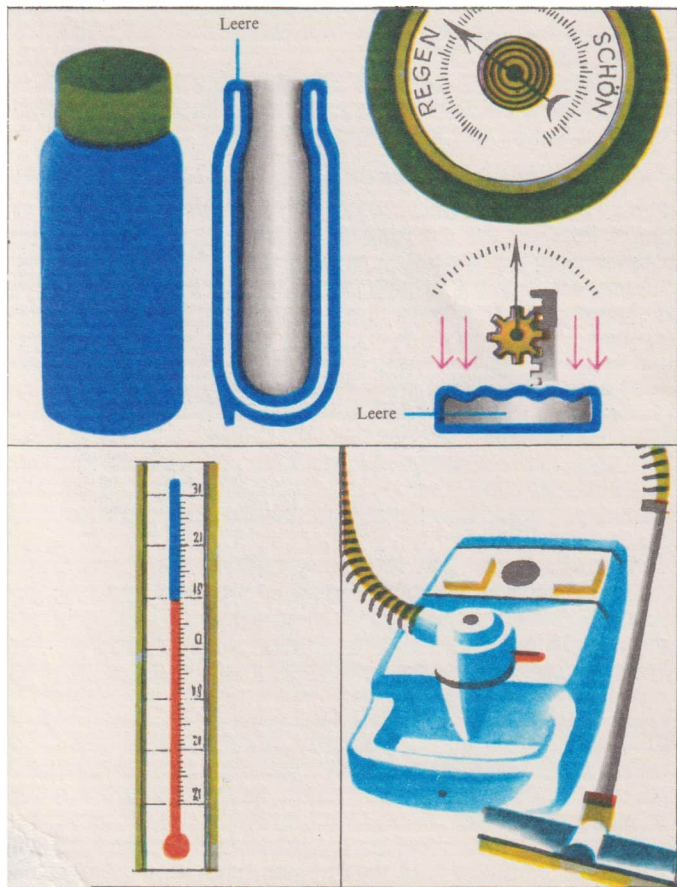
nur von den Baumaterialien, sondern auch von einem Hühnerei sagen. Das das Ei legende Huhn zerdrückt es nie, das gerade aus dem Ei schlüpfende schwache Kücken zerschlägt es von innen aber leicht. Ihr könnt euch selbst davon überzeugen, daß es wesentlich leichter ist, eine Eierschale von innen zu zerschlagen als von außen. Dazu klopft mit einem nicht sehr spitzen Bleistift zuerst von außen auf die Eierschale und dann von innen.

Auch ein Thermosbehälter beruht auf der Anwendung des Vakuums. In Laboratorien dienen derartige Behälter (Dewargefäße) zur Aufbewahrung von flüssiger Luft und anderer flüssigen Gase. Flüssige Gase und Luft besitzen sehr tiefe Temperaturen, und ohne ein solches spezielles Gefäß würden sie momentan verdampfen.

Dewargefäße sind doppelwandig und innen versilbert. Der Raum zwischen den zwei Wänden ist luftleer. Dadurch kann es weder von innen nach außen noch von außen nach innen Wärmeleitung geben. Die Wände wurden auch nicht umsonst versilbert, da durch diese die Wärmestrahlen derart reflektiert werden, daß sie das Glas nicht erwärmen können. Solche Gefäße schützen gleichsam Kaltes von einer Erwärmung und Warmes von dem Abkühlen. Aus diesem Grunde kann man in einer Thermosflasche, die nichts anderes als ein Dewargefäß darstellt, Kaffee so lange Zeit warm halten.

Zu einer genauen Messung des Luftdruckes verwendet man Quecksilberbarometer. Die meisten Barometer sind aber metallisch und heißen Aneroidbarometer; sie enthalten eine luftleere Metallmembran mit einem federnden gewellten Deckel, der über einen einfachen Mechanismus mit einem Zeiger verbunden ist. Die Skala ist in Torr geeicht. Jede Luftdruckschwankung, verursacht durch eine Wetteränderung, verändert die Form des Deckels. Er beult entweder etwas aus oder wird etwas gerader. Die jeweilige, dem herrschenden Luftdruck und demzufolge dem Wetter entsprechende Stellung wird von einem Zeiger angezeigt.

Ein Thermometerröhrchen ist über dem Quecksilberfaden (bzw. rot gefärbten Alkoholfaden) luftleer. Luft würde die Bewegung der Thermometerflüssigkeit stören. Bei einer Erwärmung dehnt sich die



Flüssigkeit aus, und der Faden wird länger, bei einer Abkühlung wird er kürzer.

Staubsauger enthalten einen kräftigen Ventilator. Er verdünnt die Luft vor ihm stark und saugt auf diese Weise Luft durch das Saugrohr, welche den Staub mitreißt.

UNSERE VERSUCHSAUSRÜSTUNG. Bevor wir mit den Versuchen zum atmosphärischen Luftdruck und Vakuum beginnen können, müssen wir uns mit etlichen Geräten und Ausrüstungsgegenständen umgeben. (Natürlich werden wir mit unseren häuslichen Mitteln kein richtiges Vakuum herstellen können, und deshalb ist es besser, von verdünnter Luft statt von einem Vakuum zu sprechen.)

Für die Versuche benötigen wir: ein dünnwandiges Trinkglas, eine Glasplatte von etwa 9 cm × 12 cm Größe zum Zudecken des Glases, einige unterschiedlich große Weckgläser, ein kleines Fläschchen, zwei Gummischläuche (ein dicker und ein dünner), einen Luftballon und eine Luftpumpe, die man sich selber bauen kann.

Ihr werdet selbst sehen, was noch benötigt wird, z. B. ein Plastikdeckel, Fäden, Knete, Korken, eine leere Kugelschreibermine u. a.

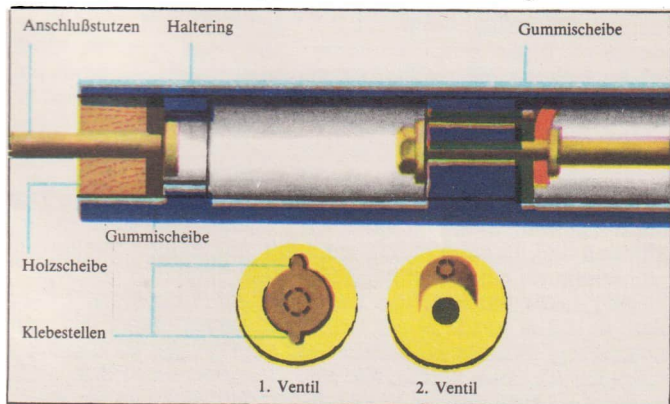
Eine gute Pumpe läßt sich nicht so einfach bauen. Das bedarf einiger Anstrengungen. Dafür werdet ihr mit einer guten Pumpe viele interessante Versuche durchführen können. Beginnen wir daher zunächst mit dem Bau einer Pumpe. Die Wirkungsweise der Pumpe ist sehr einfach. Die Luftpumpe wurde im 17. Jahrhundert vom Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke erfunden. Er zeigte in einem eindrucksvollen Demonstrationsversuch die große Kraft des Luftdruckes. Nachdem man eine Kupferkugel von 37 cm Durchmesser, zusammengesetzt aus zwei Hälften, evakuiert hatte, vermochten die vorgespannten Pferde nicht, diese zu zerreißen. Wenn die Kugel aber trotzdem zerriß, ertönte ein Knall.

Die zum Selbstbau vorgeschlagene Pumpe ist in der Zeichnung abgebildet. Sie besitzt zwei Ventile, von denen eines geöffnet und

eines geschlossen ist, wenn sich der Kolben bewegt. An den Anschlußstutzen wird mit einem Gummischlauch das Gefäß angeschlossen, aus dem die Luft gepumpt werden soll.

Die Abmessungen dieser Pumpe werden von den Materialien abhängen, welche euch zur Verfügung stehen.

Zuerst müßt ihr euch ein Messing-, Kupfer- oder Eisenrohr von etwa 3–5 cm Durchmesser und nicht mehr als 50 cm Länge besorgen. Die Rohrwand muß ganz glatt sein. Auf der einen Seite wird der Kolben eingesetzt, die andere Seite kann man mit einer dickeren Holzscheibe, die einen Anschlußstutzen für Gummischlauch trägt, verschließen. Bevor die Holzscheibe eingesetzt wird, ist auf der Innenseite das Klappenventil aufzukleben. Dieses stellt eine runde Gummischeibe dar, die genauso groß ist wie die Holzscheibe und in der Mitte ein kleines Loch hat, auf dem ein dünnes Gummihäutchen liegt, das mit Gummileim an zwei Stellen am Rand angeklebt ist (das Gummihäutchen kann man aus einem alten Fahrradschlauch ausscheiden). Das Ganze wird dann fest in das Rohr eingesetzt und kann noch von einem Haltering vor weiterem



Hineinrutschen gehindert werden. Wenn die Luft von rechts auf das Ventil drückt, so wird das Gummihäutchen angedrückt und verschließt so die Öffnung. Wenn aber Luft von links einströmt, gibt es zwei Spalte frei, durch welche sie dann in die Pumpe gelangt.

Der Kolben wird wie folgt gefertigt: Schneidet aus der Sohle eines alten Schuhs einige Kreise vom Innendurchmesser des Rohres und legt diese aufeinander. Der sich ergebende Zylinder soll 2–2,5 cm hoch sein. Er ist in der Mitte zu durchbohren, damit dann ein Stab befestigt werden kann, der 10–15 cm länger sein soll als das Rohr der Pumpe. Am besten ist ein Stab geeignet, der an einem Ende ein Gewinde trägt. Der Lederzylinder kann dann zwischen zwei Scheiben mit zwei Muttern angeschraubt werden. Andernfalls ist der Stab an zwei Stellen so zu durchbohren, daß die Scheiben von zwei Splinten gehalten werden können.

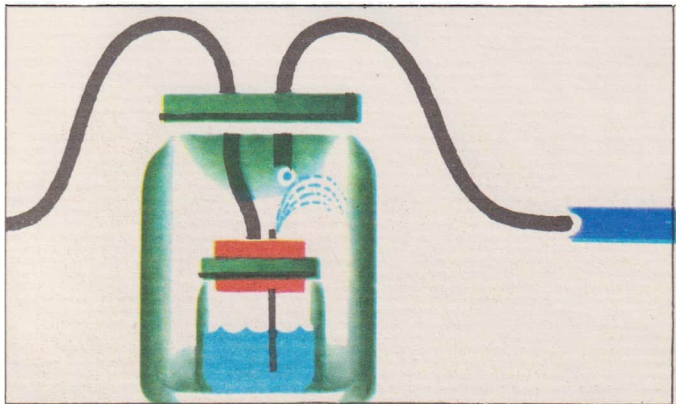
Etwas seitlich vom Stab ist durch den Kolben ein dünnes Loch von einigen Millimetern Durchmesser zu bohren. Man kann es mit einem dünnen Kupferröhrchen, das genauso lang ist wie der Kolben, gut offenhalten. Damit das Röhrchen nicht herausfällt, kann man es auf beiden Seiten mit einem Nagel etwas erweitern. Oben auf den Kolben wird dieselbe Gummischeibe geklebt wie schon auf die Holzscheibe. Sie ist an der Stelle des Kupferröhrchens zu durchbohren. Das Loch wird mit einem kleinen Gummihäutchen verdeckt. Wenn dann der Kolben hineingeschoben wird, biegt sich das Häutchen nach oben und gibt das Loch frei. Damit wäre auch das zweite Klappenventil fertig. Die Ventile müssen sehr sorgfältig ausgeführt sein, damit sie keine Luft durchlassen, wenn sie geschlossen sind. Es versteht sich von selbst, daß sich die Ventile öffnen, sobald sie einem Luftstrom ausgesetzt sind.

Nun macht mit Feile und Sandpapier die Kanten am Kolben glatt, so daß er gerade in das Rohr paßt, jedoch überall dicht am Rohr anliegt. Befestigt noch einen Griff am Stab und versehen dieses Rohrende mit einem Zapfen, der verhindert, daß der Kolben zufällig aus dem Rohr gezogen werden kann. Hält man nun mit einem

Finger den auf den Anschlußstutzen geschobenen Schlauch zu, so muß der Finger beim Herausziehen des Kolbens angesaugt werden und darf keinen Luftstrom verspüren, wenn der Kolben hineingeschoben wird.

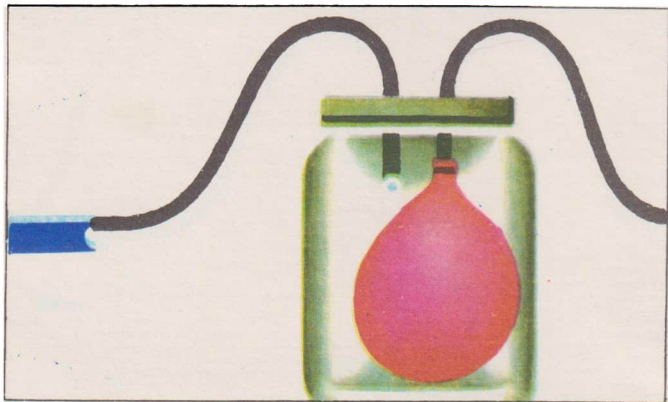
EIN SPRINGBRUNNEN IM GLAS. Wir kommen nun zum ersten Versuch, für den wir die eben gefertigte Pumpe gebrauchen werden.

Nehmt das kleine Glasfläschchen, füllt es voll Wasser, welches ihr mit einer Plakatarbe gefärbt habt, und verschließt es mit einem Korken fest. Im Korken soll eine leere Kugelschreibermine stecken, von der die metallische Spitze abgeschnitten wurde. Daneben soll sich eine zweite Öffnung befinden, in die das Ende eines dünnen Gummischlauches zu schieben ist (z. B. ein Ventilschlauch). Die Kugelschreibermine muß möglichst weit in das Fläschchen ragen, während der Gummischlauch über dem Wasser enden soll. Die Kugelschreibermine kann man oben mit einem brennenden Streichholz zuschmelzen, um dann mit einer Nadel ein sehr kleines Loch zu



durchstechen. Das Fläschchen kann nun in ein größeres Glas gestellt werden, das sich mit einem Plastikdeckel verschließen läßt. Durch ein kleines Loch im Deckel ragt der dünne Schlauch aus dem Glas. Durch ein größeres Loch wird der von der Pumpe kommende Schlauch in das Glas gesteckt. Schließt die Schlauchdurchführungen im Deckel dann mit Knete luftdicht ab. Schließt nunmehr die Pumpe an den dickeren Schlauch und beginnt mit dem Pumpen. Die sich im Glas befindende Luft wird verdünnt, so daß die durch den dünnen Schlauch in das Fläschchen strömende Luft auf das in ihm befindliche Wasser drückt. Es bildet sich ein farbiger Springbrunnen.

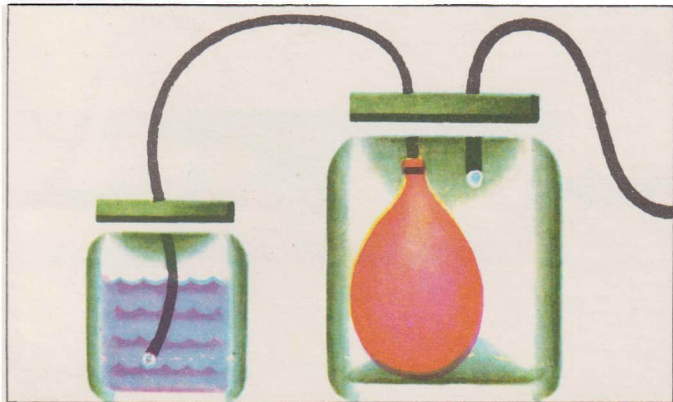
DAS VAKUUM BLÄST EINEN LUFTBALLON AUF. Jetzt können wir einen Luftballon auf eine recht ungewöhnliche Weise aufblasen. Blasen wir die Luft einmal nicht wie gewöhnlich kräftig hinein, sondern entfernen wir dieselbe, die den Ballon umgibt, so daß Zimmerluft in die Gummihülle strömt und diese gleichsam von selbst aufgeblasen wird.



Nehmt das Glas vom vorigen Versuch, wäscht es aus und trocknet es ab. Statt des Fläschchens bindet an den dünnen Schlauch mit einem Zwirnsfaden einen Luftballon. Verschließt dann das Glas wieder luftdicht. Der Luftballon soll unmittelbar unter dem Deckel hängen. Beginnt nun die Luft schnell herauszupumpen. Der Luftballon bläst sich dabei auf und füllt bald das ganze Glas aus.

Ihr seht also, daß der Luftballon aufgeblasen ist, ohne daß ihr ihn anfassen müßtet. Ferner gibt die Größe des Luftballons an, wieviel Luft schon aus dem Glas gepumpt wurde.

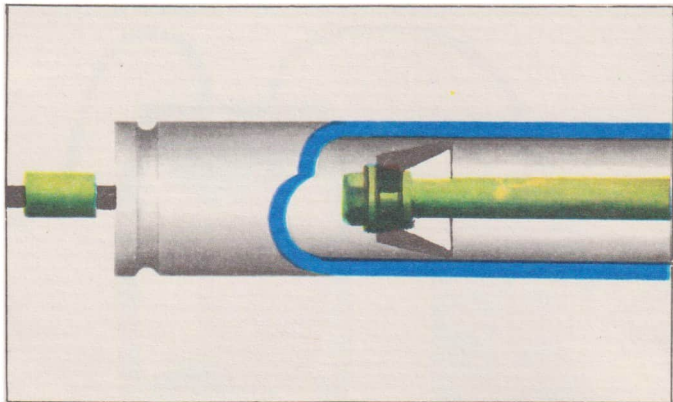
DER LUFTBALLON WIRD ZUM WASSERBALLON. Nachdem der Luftballon gut aufgeblasen ist, legt das Ende des dünnen Schlauches in ein bereitgestelltes Glas Wasser und hört mit dem Heraus-pumpen der Luft auf. Haltet den dicken Schlauch mit zwei Fingern zu und macht die Pumpe ab. Laßt nun langsam Luft ins Glas. Im Wasserglas werden Luftblasen aufsteigen, bis sich im Luftballon nur noch wenig Luft befindet. Beginnt jetzt, die Luft in



gleicher Weise aus dem Glas zu pumpen: Wasser strömt in die Gummihülle. Der atmosphärische Luftdruck drückt es hinein und verwandelt so den Luftballon in einen Wasserballon. Versucht, soviel wie möglich Wasser in den Ballon zu saugen. Das hereingesaugte Wasservolumen entspricht der abgepumpten Luftmenge.

Wenn ihr die oben beschriebene Luftpumpe (die für viele physikalische Experimente nötig ist) noch nicht gebaut habt, könnt ihr die obigen Versuche auch mit einer Fahrradluftpumpe durchführen. Sie ist aber dafür etwas umzubauen. Es ist der Kolben herauszunehmen, die Mutter am Ende der Kolbenstange abzuschrauben und der Kolben selbst umzudrehen, wieder festzuschrauben und so einzusetzen, wie es die Abbildung zeigt. Die Pumpe dient nun nicht zum Aufpumpen, sondern zum Absaugen von Luft. Man muß aber recht schnell pumpen, weil der Kolben nicht sehr dicht anliegt und dadurch wieder Luft in das evakuierte Gefäß strömt.

Um zu überprüfen, ob man mit ihrer Hilfe eine für uns notwendige Luftverdünnung erreicht, kann man sich folgende Vorrichtung bauen.



Ein Trichter wird nicht besonders straff mit einem aufgeschnittenen Luftballon bespannt. Er muß den Trichter luftdicht abschließen. An den Trichterhals wird der von der Pumpe kommende Schlauch angeschlossen. Pumpst nun kräftig. Wenn die Gummihaut in den Trichter gezogen wird und in dieser Lage bleibt, solange wie gepumpt wird, ist alles in Ordnung. Wird aber die Gummihaut jedesmal wieder gespannt, nachdem sie hineingezogen wurde, läßt die Pumpe irgendwo Luft durch—entweder am Kolben oder an den Schlauchanschlüssen.

Wird aber die Gummihaut mal hineingezogen und mal herausgedrückt, dann taugt die Pumpe nichts. In diesem Fall schafft die Pumpe beides. Sie drückt die Luft zusammen und pumpt sie gleichzeitig aus. Dann ist die Pumpe auseinanderzunehmen, der Kolben zu vergrößern, indem man seinen Rand nach außen drückt, und der Zylinder zu ölen.

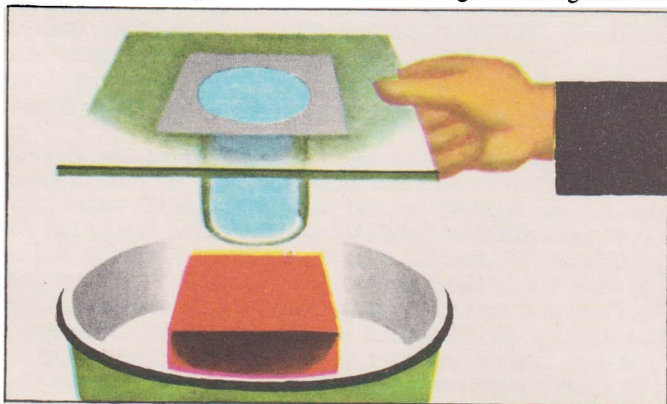
EINE VAKUUMPUMPE AUS LÖSCHPAPIER. Ihr kennt sicherlich alle den Versuch, in dem ein bis zum Rand mit Wasser gefülltes Glas mit einem gewöhnlichen Blatt Papier bedeckt wird, die Handfläche draufgelegt und das Glas umgedreht wird. Obwohl dann die Hand weggenommen wird, fließt das Wasser nicht aus. Ein Erwachsener, der euch diesen Versuch gezeigt hat, gab sicher die Erklärung, daß der Luftdruck ein Herausfließen von Wasser verhindert.

Der Versuch läßt sich vervollkommen, indem im Glas eine zusätzliche Luftverdünnung erzeugt wird. Füllt in ein dünnwandiges Glas bis zum Rand Wasser und bedeckt es dann mit einem Blatt Löschpapier oder einer saugfähigen Papierserviette. Darauf legt die Glasscheibe und dreht das Glas vorsichtig um. Sowie das Papier nur etwas Wasser eingesaugt hat, dreht das Ganze ein zweites Mal um. Wird nun das Glas vorsichtig losgelassen, so fällt es nicht ab und kann an der Glasscheibe hochgehoben werden. Vorbeugend stellt eine Schüssel mit einer weichen Unterlage (einem Lappen oder einem Badeschwamm) unter, damit das Glas nicht zerspringt,

wenn es doch abfällt. Beim Ansaugen von Wasser durch das Löschpapier bildete sich im Glas ein verdünnter Raum, so daß der äußere Luftdruck die Scheibe kräftig an das Glas drückte. Um das Glas von der Scheibe abzureißen, ist eine gewisse Kraft aufzuwenden.

VERDÜNNUNG DURCH ABKÜHLUNG. Im vorigen Versuch wurde eine Verdünnung in dem luftdicht abgeschlossenen Glas durch Entfernen von Wasser erreicht. Jetzt stellen wir einen Versuch an, in dem eine Verdünnung durch Abkühlen der Luft erreicht wird.

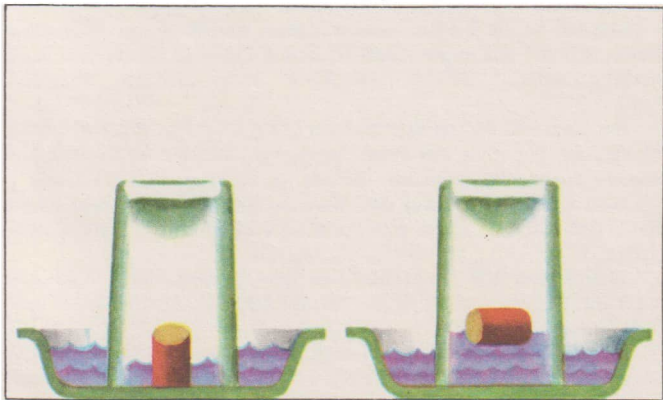
Nehmt zwei tiefe Teller und gießt in den einen kaltes und in den anderen warmes Wasser ein. Laßt in jedem Teller einen Korken schwimmen. Über den im kalten Wasser schwimmenden Korken ist ein Glas zu stülpen. Die Luft im Glas wird dabei komprimiert und verdrängt dadurch so viel Wasser, daß der Korken nicht mehr schwimmt, sondern den Teller berührt. Wir haben ein kleines Modell einer Taucherglocke vor uns. Eine richtige Taucherglocke be-



steht aus einem bodenlosen Stahlkasten oder -zylinder. Er wird bis auf den Grund eines Sees oder Flusses herabgelassen, wo irgendwelche Arbeiten auszuführen sind. Dabei komprimiert sich die Luft in der Glocke, so daß kein Wasser mehr hineingelangt. Damit können sich die Arbeiter in der Glocke aufhalten. Die Atemluft wird mit einem Schlauch unter Druck zugeführt. Vollkommenere Vorrichtungen für Unterwasserarbeiten werden Caisson genannt.

Nehmt ein zweites Glas, erwärmt es gut mit warmem Wasser, überbrüht es dann und stülpt es schnell über den Korken im Teller mit dem warmen Wasser (das warme Wasser hat den Zweck, daß das überbrühte Glas beim Eintauchen nicht zerspringt). Zuerst senkt sich der Korken mit dem Wasser. Die Luft im Glas kühlt sich jetzt aber zusammen mit dem Glas ab. Der Wasserspiegel und Korken heben sich langsam. Nachdem sich die Luft ganz abgekühlt hat, ist der Wasserspiegel im Glas höher als im Teller.

Die warme Luft im Glas hat sich bei der Abkühlung zusammengezogen. Der Druck im Glas ist gesunken, und der atmosphärische Luftdruck hat Wasser ins Glas getrieben.



LUFT BESIEGT EISEN. Das ist ein sehr bekannter Versuch; er ist in vielen Physikbüchern beschrieben, läßt sich aber unter häuslichen Bedingungen nach den Beschreibungen nicht durchführen – es wird nämlich eine spezielle Büchse benötigt, und noch dazu geht diese nach dem ersten Versuch kaputt.

Der Ingenieur Orlow, Verfasser vieler interessanter Physikversuche, schlug eine einfache und bequeme Art der Durchführung dieses Versuches zu Hause vor.

Ihr müßt schnell und gut löten können. Könnt ihr das nicht, so mag euch jemand das Löten zeigen und dabei helfen.

Es ist eine Büchse Fruchtsaft oder Kompott von nicht weniger als 0,8 l Fassungsvermögen erforderlich. Oben werden in die Büchse an zwei gegenüberliegenden Stellen am Rand mit einem Nagel Löcher geschlagen, damit der Saft leicht in eine Schüssel gegossen werden kann (zuerst wird die umgedrehte Büchse gut geschüttelt, denn danach fließt der Saft von alleine aus). Wenn die Büchse aber Kompott enthält, ist statt des einen Loches eine so große Öffnung in den Deckel zu schneiden, daß die Früchte herausgenommen werden können.

Danach ist die Büchse auszuwaschen, viertelvoll mit Wasser zu füllen und auf das große Loch ein Stück Blech zu legen, das dann entlang seines Randes sorgfältig mit Lötzinn angelötet wird.

Bei einer Saftbüchse kommt man beim Zulöten eines der beiden kleinen Löcher ohne ein Stück Blech aus. Vergesst aber nicht, die Büchse zuvor viertelvoll mit Wasser zu füllen.

Nun ist die Büchse auf den Herd zu setzen. Das Wasser kocht bald, und aus dem offen gebliebenen Löchlein dringt Dampf nach außen.

Das Wasser soll einige Minuten lang kochen, damit auch alle Luft die Büchse verläßt, d. h., die Büchse nur noch Wasser und Wasserdampf enthält.

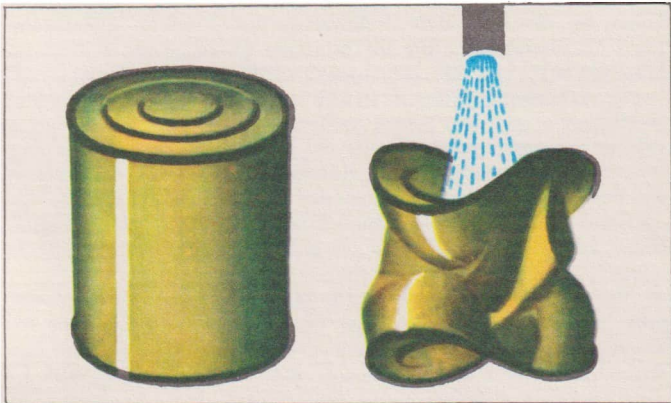
Der LötKolben muß zum Löten bereit sein. Nehmt die Büchse vom Herd und lötet das Löchlein zu. Das alles muß sehr schnell

geschehen. Von der Schnelligkeit und Qualität des Lötens hängt der Erfolg des Experimentes ab.

Stellt die Büchse in einen Strahl kalten Wassers. Vor euren Augen knüddelt sie sich zusammen, als würde sie von einer unsichtbaren riesenstarken Hand zerdrückt.

Was ist passiert? Wie schon gesagt, die Luft in der Büchse war durch den Wasserdampf verdrängt worden, der Dampf kondensierte beim Abkühlen im kalten Wasserstrahl, ging in Wasser über, so daß sich in der Büchse ein Vakuum ausbildete. Obwohl die Büchse zur Aufbewahrung von Fruchtsaft hinreichend stabil war, war sie überhaupt nicht dafür ausgelegt, daß die Luft aus ihr entfernt wird und sie der großen Kraft des atmosphärischen Luftdruckes ausgesetzt wird.

Wenn ihr während des Versuches ein Zischen oder Pfeifen hört, so bedeutet das, daß das Zulöten nicht erfolgreich war. Dann öffnet das gerade zugelötete Löchlein, säubert den Rand noch mal gut, setzt die Büchse wieder auf den Herd und wiederholt alle früheren Schritte.



MODELL EINER SCHLEUSE ZUM AUSSTIEG IN DEN KOSMOS. Das Wirkungsprinzip einer Schleuse zum Ausstieg aus einem Raumschiff in den Kosmos ist dasselbe, wie das einer Schiffsschleuse im Staudamm eines Wasserkraftwerkes, Kanal oder Fluß. Die Maßstäbe sind nur andere, und in dem einen Fall hat man es mit Wasser zu tun, in dem anderen mit Luft.

Ihr könnt euch selbst ein Modell einer Schleusenkammer bauen, in dem die Rolle der Luft vom Wasser übernommen wird. Das Modell ähnelt wirklichen Ausstiegsschleusen von Raumschiffen nur wenig, macht euch aber mit dem Wirkungsprinzip bekannt.

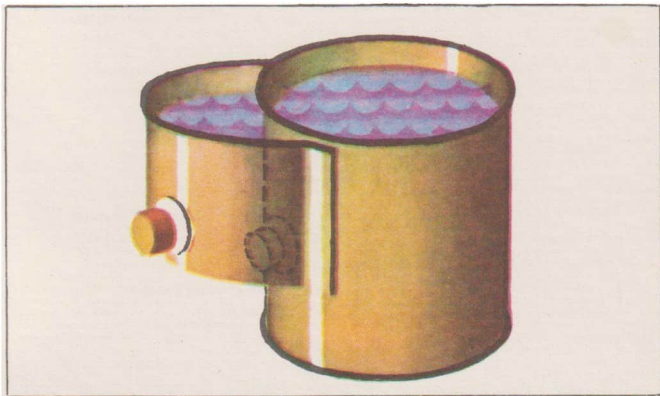
Eine große offene Konservendose stellt einen Schnitt unseres „Raumschiffes“ dar. Unten an der Seite schneidet ein kreisförmiges Loch von etwa 2 cm Durchmesser in die Dose. Darüber wird außen eine kleinere Konservendose angelötet (z. B. eine Kondensmilchdose), in die ein Ausschnitt gemacht wurde. Sie wird die Rolle der Schleusenkammer spielen. Beim Abschneiden des etwaigen Stückes ist an den Seiten auf Geradheit zu achten und am Boden darauf, daß der Rand dann auch gut an der großen Dose anliegt. Unten an der Seite der „Schleusenkammer“ ist ein ebensolches Loch auszuschneiden, wie ihr es schon in die große Dose geschnitten habt. Um die „Schleusenkammer“ mit dem „Raumschiff“ besser verbinden zu können, knicke man einen etwa 5 mm breiten Blechstreifen an ihren Seiten so um, daß sie sich an die große Dose gut anschmiegen. Haltet die „Schleusenkammer“ vorübergehend mit einem Draht am „Raumschiff“ fest und lötet entlang der Berührungslinie mit Lötzinne die „Schleusenkammer“ an.

Unser kleines Raumschiffmodell ist damit fertig. Verschließt die beiden Löcher mit Korken gut; sie sind so einzupassen, daß sie die Löcher wasserdicht verschließen.

Nachdem alles fertig ist, gießt in das Raumschiffmodell und seine Schleusenkammer so lange Wasser ein, bis es dann die mit Korken versehenen Löcher bedeckt. Schnitzt euch aus Holz eine Kosmonautenfigur mit Raumanzug und einem Atmungsgerät auf dem Rücken und bindet an sie einen Faden, dessen anderes Ende

im „Raumschiff“ befestigt wird, während der „Kosmonaut“ auf dem Wasser liegt. Er schwimmt, als sei er im Zustand der Schwerelosigkeit. Danach nimmt von innen den ersten Korken heraus, bringt in die „Schleusenkammer“ die Figur am Faden und verschließt die Öffnung mit dem Korken wieder (der Faden stört dabei nicht). Nun öffnet die äußere „Luke“. Das Wasser fließt aus der „Schleusenkammer“. Laßt die Figur in den „freien Raum“ und setzt den Korken zurück. Der Einstieg in das „Raumschiff“ erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Zuerst wird die äußere „Luke“ geöffnet, der „Kosmonaut“ steigt in die „Schleusenkammer“, und die „Luke“ wird wieder verschlossen. Gießt jetzt ein Glas Wasser in die „Schleusenkammer“, womit sozusagen der normale atmosphärische Luftdruck wiederhergestellt ist. Danach wird die innere „Luke“ geöffnet, und der „Kosmonaut“ steigt in das „Raumschiff“ um. Die „Luke“ wird wieder verschlossen.

Ein wirklicher Ausstieg in den Kosmos geht natürlich wesentlich komplizierter vor sich. Wir haben Wasser dazu genommen, um das Ganze anschaulicher vorführen zu können. Richtige Ausstiegs-



schleusen haben hermetisch abschließende Luken, die elektrisch geöffnet und geschlossen, aber auch per Hand bedient werden können.

Am 18. März 1965 verließ der erste Mensch ein Raumschiff und hielt sich zwölf Minuten im freien Raum auf. Der sowjetische Fliegerkosmonaut Alexei Leonow stieg durch die Schleuse des Raumschiffes „Woschod 2“ und entfernte sich 5 m von der Ausstiegsluke. Dieses heldenhafte Experiment, wie auch die Heldentat Juri Gagarins, ging in die Chronik der kosmischen Ära ein und gilt als hervorragendes Ereignis in der Geschichte der Weltraumforschung.

DIE IDEE WURDE WIRKLICHKEIT. Bereits vor dreihundert Jahren sagte der große Gelehrte Isaac Newton die Möglichkeit künstlicher Erdsatelliten vorher. Er bewies, daß ein um die Erde kreisender Körper nicht auf die Erde herunterfällt, sondern sie ständig umrundet, wenn die Startgeschwindigkeit hinreichend hoch ist und kein Luftwiderstand einwirkt.

Ihr wißt aus eigener Erfahrung, daß ein Stein um so weiter fliegt, je schneller er abgeworfen wird. Er fällt jedoch wegen der Erdanziehung auf die Erde zurück.

Die Schwerelosigkeit

Wird dem Stein aber eine Geschwindigkeit von 7,9 km/s erteilt (die erste kosmische Geschwindigkeit), und beeinflußt die Luftatmosphäre die Bewegung nicht, so fällt er nicht auf die Erde zurück. Der Stein wird auf einer Kreisbahn um die Erde fliegen. Eigentlich stellt diese Bewegung auch ein Fallen dar, was aber mit so großer Geschwindigkeit vor sich geht, daß der Stein trotz der Erdanziehung nicht auf die Erde herunterfällt.

Die bis auf die erste kosmische Geschwindigkeit gebrachten Sputniks umkreisen die Erde im erdnahen kosmischen Raum. Sie führen die verschiedensten meteorologischen und wissenschaftlichen Beobachtungen durch und funken die Ergebnisse zur Erde. Fernerdienen Sputniks zur Übertragung von Fernseh- und Rundfunkprogrammen über große Entfernungen.

Das hier zur Bewegung der Sputniks Gesagte gilt natürlich auch für Raumschiffe und Raumstationen auf einer Erdumlaufbahn. Sie sind wesentlich größer und haben auch andere Aufgaben. Es können sich in ihnen Menschen aufhalten, die Beobachtungen und Experimente anstellen, denen Automaten nicht gewachsen sind.

Alles, was sich in einem Raumschiff, in einer Raumstation oder in einem künstlichen Erdsatelliten befindet, ist im Zustand der

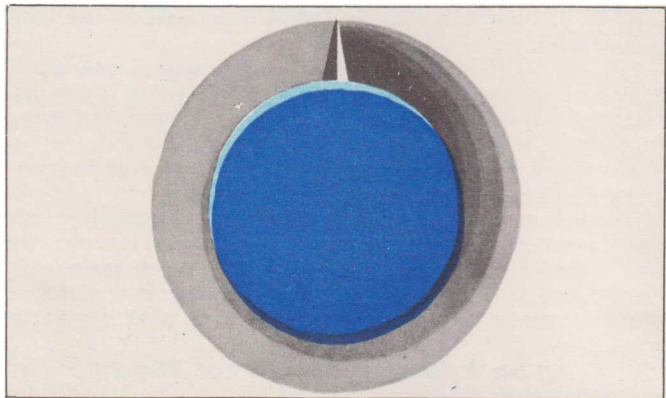
Schwerelosigkeit, d. h. in einem solchen Zustand, in welchem die Gegenstände auf ihre Unterlage keinerlei Druck ausüben.

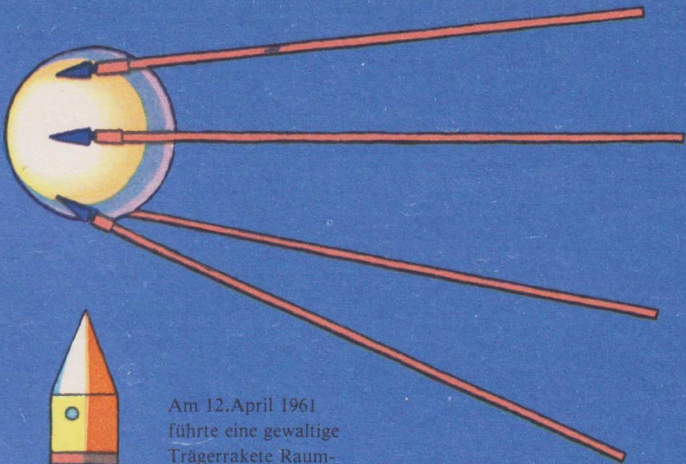
In diesem Kapitel werdet ihr euch mit der Schwerelosigkeit bekanntmachen. Aber nicht ihr selbst werdet schwerelos – zu Hause läßt sich ein solcher Versuch nicht anstellen. Die Versuche geben euch eine Vorstellung davon, wie das Gewicht verschwindet und sich Flüssigkeiten bei Schwerelosigkeit verhalten. Zuerst werden wir es mit einem teilweisen Gewichtsverlust zu tun haben, danach aber auch mit völliger Schwerelosigkeit.

Bevor wir zu den eigentlichen Versuchen kommen, stellen wir einige vorbereitende Experimente an.

DIE KLEINSTE OBERFLÄCHE. Stellen wir uns die Aufgabe, unter allen geometrischen Figuren mit gleichem Volumen jene zu finden, die die kleinste Oberfläche besitzt. Mit Hilfe der unten angeführten einfachen Formeln könnt ihr leicht die Oberflächen einiger geometrischer Figuren berechnen.

Nehmt ein Stück Knete und macht zuerst einen Würfel. Da bei





Erster künstlicher
Satellit

Am 12. April 1961
führte eine gewaltige
Trägerrakete Raumschiff
«Wostok» auf
die Erdbahn aus. In
diesem Raumschiff
befand sich der
erste Kosmonaut
der Erde Juri
Gagarin.

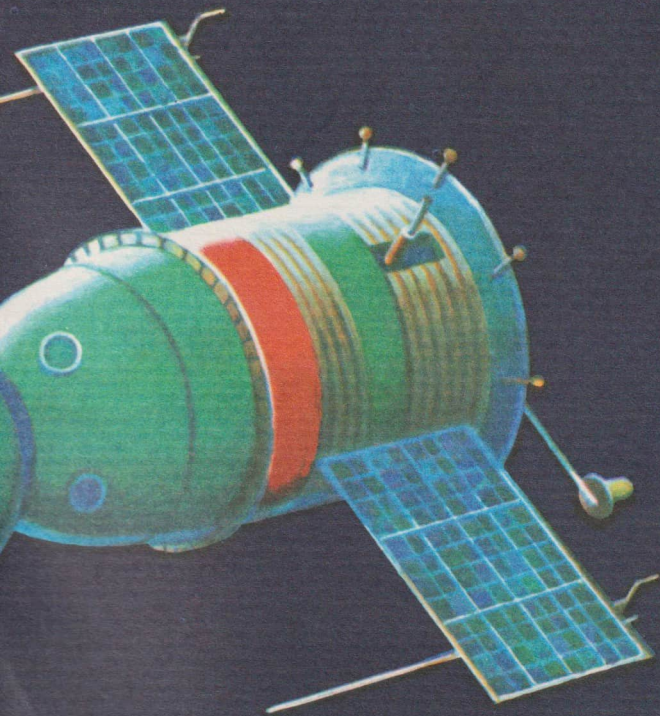


Raumschiff
«Wostok»

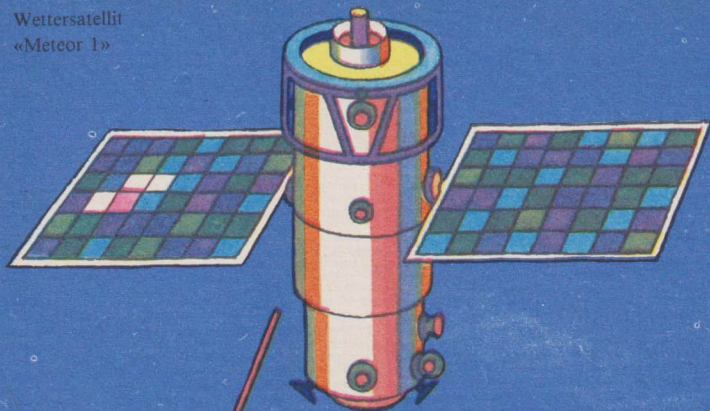




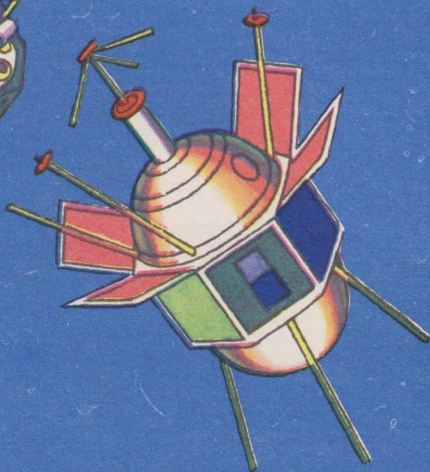
Ausstiegsmanöver
eines Kosmonauten in
den freien Raum



Wettersatellit
«Meteor 1»



Forschungssatellit
«Kosmos 97»



Meßsatellit
«Elektron 2»

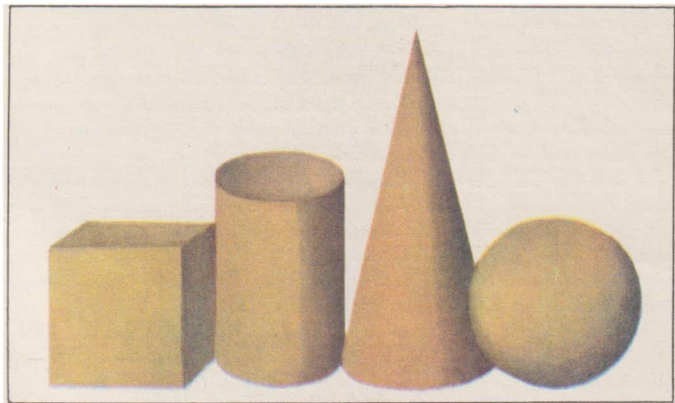
einem Würfel alle Kanten gleich lang sind, braucht ihr nur die Länge einer Kante zu messen, um dann nach folgender Formel seine Oberfläche zu berechnen: $S=6 l^2$, worin S die Oberfläche des Würfels in Quadratzentimeter und l die Kantenlänge in Zentimeter sind.

Schreibt euch das erhaltene Ergebnis auf. Macht nun aus dem gleichen Stück Knete einen Zylinder. Er wird natürlich dasselbe Volumen haben wie der Würfel, denn die Knetemenge ist dieselbe, nur die Form ändert sich. Meßt nun die Höhe (h) des Zylinders und den Radius (r) seiner Deck- bzw. Grundfläche in Zentimeter und berechnet seine Oberfläche nach der Formel:

$$S = 6,28 r (h + r).$$

Schreibt euch das Ergebnis wieder auf und macht nun aus demselben Stück Knete einen Kegel. Meßt seine Seitenlänge (l) und den Radius der Grundfläche (r). Die Kegeloberfläche berechnet sich nach der Formel:

$$S = 3,14 r (l + r).$$



Nachdem ihr das Ergebnis notiert habt, macht aus dem Kegel eine Kugel. Durch langes Ausrollen zwischen den Handflächen kann man erreichen, daß sie ganz rund wird.

Den Kugeldurchmesser könnt ihr bestimmen, indem ihr durch den Mittelpunkt der Kugel eine Nadel oder ein gerades Stück Draht steckt und den Abschnitt markiert, der in der Kugel zu liegen kommt. Den in Zentimetern gemessenen Durchmesser teilt durch 2, das ergibt den Radius.

Einsetzen in die Formel $S = 12,56 r^2$ und Ausmultiplizieren führt auf die Kugeloberfläche.

Wenn ihr nun das gewonnene Ergebnis mit den vorher ausgerechneten vergleicht, so seht ihr, daß von allen aus dem Stück Knete gemachten Figuren die Kugel die kleinste Oberfläche besitzt.

Natürlich müßt ihr beim Formen der Körper sehr akkurat vorgehen, da sie sonst nicht genügend regelmäßig werden.

DAS UNSICHTBARE HÄUTCHEN. Bevor wir uns mit dem Verhalten von Flüssigkeiten im Zustand der Schwerelosigkeit bekanntmachen und mit Mikroraketen experimentieren, stellen wir einige Versuche zur Erscheinung der Oberflächenspannung an.

Von der Physik her ist bekannt, daß in der Oberfläche einer jeden Flüssigkeit sogenannte Oberflächenkräfte wirken. Sie werden dadurch hervorgerufen, daß sich die Flüssigkeitsmoleküle gegenseitig anziehen. Diese Kräfte sind bestrebt, die Flüssigkeitsoberfläche so klein wie möglich zu machen.

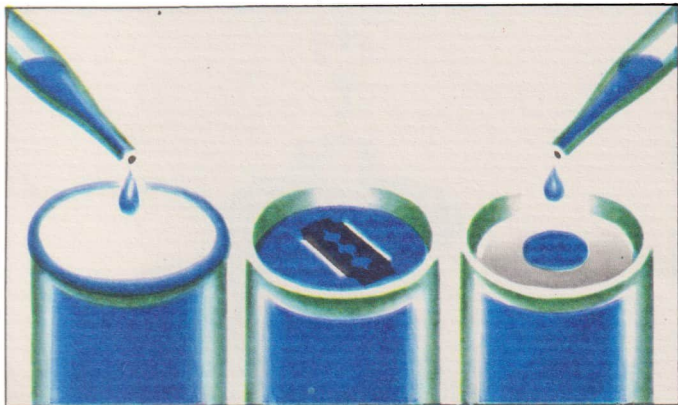
Füllt ein Glas bis zum Rand mit Wasser und gebt vorsichtig mit einer Pipette tropfenweise Wasser hinzu. Ihr werdet sehen, daß sich der Wasserspiegel über den Glasrand erhebt, als würde das Wasser von einem unsichtbaren Häutchen zusammengehalten. Wird nun noch ein Tropfen hinzugefügt, so hält das „Häutchen“ dem Druck nicht mehr stand, und das Wasser fließt über den Rand.

Sicherlich habt ihr im Sommer schon mal Wasserspinnen beobachtet, wie sie sich auf der Oberfläche von Teichen oder gar Pfützen bewegen.

Die Wasseroberfläche wird von ihren Beinen eingedrückt, zerreißt aber nicht.

Sogar im Vergleich zum Wasser so schwere Gegenstände wie eine Nadel oder eine Rasierklinge können auf der Oberfläche liegen bleiben. Sie sind zuvor nur leicht einzufetten, damit das Wasser sie nicht benetzt. Legt vorsichtig eine Rasierklinge auf eine Wasseroberfläche – sie wird schwimmen; die Wasseroberfläche biegt sich unter ihrem Gewicht nur etwas ein.

Die Oberflächenkräfte lassen sich durch Hinzugeben bestimmter Stoffe schwächen. Streut z. B. auf eine Wasseroberfläche Zahnpulver, das zwischen den Fingern gut zerkleinert wurde. Es entsteht eine ebene weiße Fläche. Nehmt nun mit der Pipette Seifenwasser auf (es besitzt eine sehr geringe Oberflächenspannung) und laßt auf die weiße Fläche einen Tropfen fallen. Vor euren Augen wird an der Stelle, an der Tropfen hineingefallen ist, ein Loch zurückbleiben. Der Seifenwassertropfen hat nämlich an dieser Stelle die Oberflächenspannung des mit dem Pulver bedeckten Wassers geschwächt.



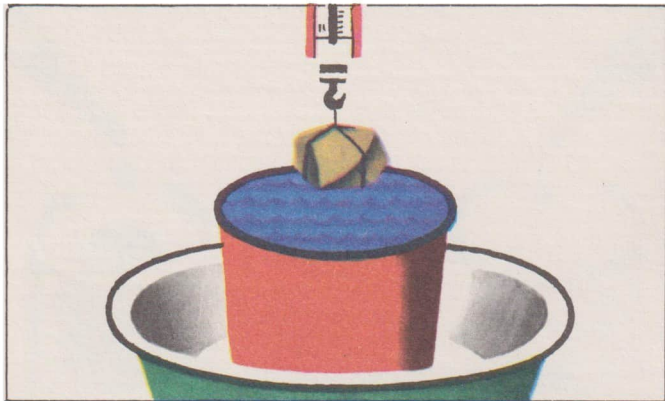
TEILWEISER GEWICHTSVERLUST. Beim Baden in einem Schwimmbad, Fluß oder See spürt man, daß sein Körper leichter geworden ist; man kann sogar mit geringem Kraftaufwand auf dem Rücken liegen, ohne unterzugehen.

Stellen wir einen Versuch an, der zeigt, wie ein physikalischer Körper leichter werden kann.

Nehmt eine Federwaage oder als Ersatz ein festes Gummiseil, an dessen Ende ein Holztäfelchen befestigt wurde, auf dem sich die Dehnung markieren läßt.

Hängt an die Federwaage irgendeine Last, z. B. einen Stein. Nehmen wir an, er wiegt 2 kg. Wenn ihr eine selbstgebaute Waage benutzt, so markiert die Dehnung des Gummis mit einem Stift auf dem Brettchen.

Füllt nunmehr einen Eimer, der in eine Schüssel zu stellen ist, bis zum Rand mit Wasser. Senkt dann die Last in das Wasser hinab. Sowie sie sich ganz im Wasser befindet, fließt aus dem Eimer kein Wasser mehr. Die Waage zeigt an, daß die Last bedeutend an Gewicht verloren hat.



Dieser Gewichtsverlust ist eine Folge des von der Last verdrängten Wassergewichtes. Eine Wägung der über den Rand geflossenen Wassermenge zeigt, daß sie genauso viel wiegt, wie die Last beim Eintauchen ins Wasser leichter geworden ist.

Der Versuch illustriert nichts anderes als das Archimedische Prinzip.

Durch Eintauchen ins Wasser läßt sich auch leicht das Volumen jedes beliebigen Gegenstandes bestimmen (vorausgesetzt, er kann Wasser vertragen). Das Volumen des über den Rand abgeflossenen Wassers läßt sich leicht messen. Ist der Gegenstand jedoch klein, so legt man ihn in einen Meßbecher mit Wasser und liest am Rand die Wasserstandsänderung ab. Die Differenz der Wasserstände ergibt das gesuchte Volumen.

EINE FLÜSSIGKEITSKUGEL. Jeder weiß, daß Flüssigkeiten stets die Form der sie enthaltenen Gefäße oder Behälter annehmen. Ausgegossenes Wasser zerfließt unter der Wirkung seines Gewichtes augenblicklich.

Wenn aber das Wasser plötzlich schwerelos wird, welche Form wird es annehmen, wenn man es aus einem Gefäß fließen läßt?

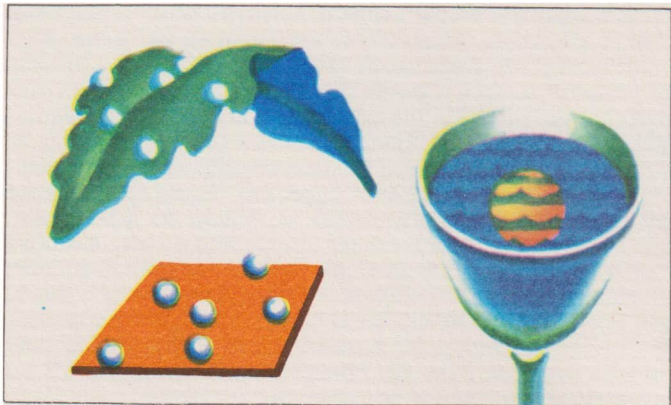
Betrachten wir zuerst kleine Wassermengen – Tropfen. Tropfen sind so leicht, daß das Gewicht ihre Kugelform kaum verzerrt, nur etwas zusammendrückt. Wasserkügelchen kann man auf Blumenblättern sehen und auf wasserabweisenden Materialien wie z. B. Wachs. Je kleiner ein Tropfen ist, desto kugelförmiger ist er demzufolge. Regentropfen stellen beim Fallen fast Kugeln dar. Während des Fallens befinden sie sich nämlich im Zustand der Schwerelosigkeit, und die Oberflächenspannung, die bestrebt ist, eine möglichst kleine Oberfläche zu schaffen, gibt ihnen annähernd Kugelform.

Führen wir einen interessanten altbekannten Versuch durch. Für eine Flüssigkeit werden dabei dieselben Bedingungen geschaffen, wie sie im Zustand der Schwerelosigkeit vorliegen. Man kann dann die natürliche Form der Flüssigkeit an einer sogar etwa 2 cm großen Kugel beobachten und nicht nur an Tropfen.

Es wird Spiritus benötigt, Wasser, etwas Sonnenblumenöl, eine Pipette und ein nicht zu großes Glas.

Gebt in das Glas einige Tropfen Sonnenblumenöl und gießt es danach halbvoll Spiritus. Das Sonnenblumenöl ist schwerer als der Spiritus und sammelt sich deshalb unten an. Gießt jetzt etwas Wasser hinzu und rührt dabei den Spiritus vorsichtig um, damit er sich mit dem Wasser gleichmäßig vermischt. Bald werdet ihr sehen, wie sich die Ölkugel vom Boden abreißt und langsam nach oben steigt. Gießt nun kein Wasser mehr hinzu. Indem etwas Spiritus dazugegeben wird, kann erreicht werden, daß die Ölkugel wieder etwas absinkt und in einer bestimmten Höhe im Glas „schwebt“. (Dann stimmen die spezifischen Gewichte des Öls und des Spiritus-Wasser-Gemisches überein.)

Nehmt mit der Pipette etwas Sonnenblumenöl auf und führt es der Kugel zu. Nachdem ihr das einige Male gemacht habt, seht ihr, daß die Ölkugel im Glas dabei immer größer wird. Man schaut auf die Kugel am besten von oben und nicht durch das verzerrende gekrümmte Glas.



Verändert man mit einem Stäbchen die Form der Ölkugel, so kann man sehen, daß sie nach einigen Sekunden wieder ihre Ausgangsform angenommen hat.

Unter der Wirkung der Oberflächenspannung nimmt das Sonnenblumenöl die kleinstmögliche Oberfläche an—die Kugelform.

Stellen wir uns nun vor, daß wir uns in einem Raumschiff oder in einer Raumstation befinden, wo alles schwerelos ist. Wenn wir ein Glas Wasser in die Hand nehmen und es umdrehen, fliegt das Wasser nicht aus. Klopft man aber leicht auf den Boden des Glases, beginnt das Wasser aus dem Glas zu „kriechen“. Nachdem es in der Luft einige Zeit lang „geschwabbelt“ hat, ist zu erkennen, daß es Kugelform annimmt. Im Zustand der Schwerelosigkeit kann sogar eine große Wassermenge, z. B. solche, die sich in einem Wassereimer unterbringen läßt, Kugelform annehmen. Und wenn keine Luftbewegungen vorliegen, wird die große Wasserkugel ruhig im Raum schwimmen. Das von der Schwere befreite Wasser nimmt seine natürliche Form an.

In einer Fernsehsendung von der Raumstation „Salut 4“ konnte man sehen, wie die Fliegerkosmonauten Klimuk und Sewastjanow aus einem Gummischlauch Wasser ließen. Das Wasser trat in Form größerer Kugeln aus dem Schlauch.

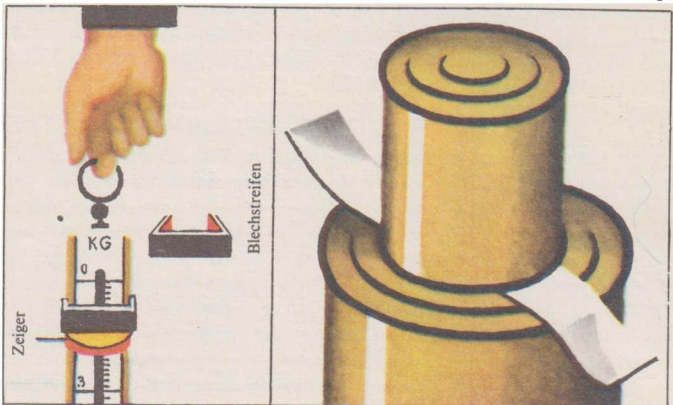
EINFACHE VERSUCHE ZUR SCHWERELOSIGKEIT. Gewicht und Schwerkraft sind nicht dasselbe. Die Schwerkraft greift am Körper selbst an, während das Gewicht die Kraft ist, mit der der Körper auf seine Unterlage drückt oder mit der er an seiner Aufhängung zieht. Wenn ein Körper frei fällt, und er fällt unter der Wirkung der Schwerkraft, so hört er auf, auf seine Unterlage zu drücken oder an seiner Aufhängung zu ziehen. Das bedeutet aber, daß er sein Gewicht verloren hat, daß er schwerelos geworden ist.

Was passiert mit einer Federwaage, die zusammen mit der angehängten Last fällt?—Sie wird das Gewicht Null anzeigen.

Bringt an der Skala einer Federwaage über dem Zeiger einen

verschiebbaren Blechstreifen an und hängt eine Last von etwa 2 kg an. Der Blechstreifen ist dicht an den Zeiger zu schieben. An der Federwaage anfassend, laßt das Ganze schnell nach unten. Die Bewegung soll den freien Fall der Last zusammen mit der Federwaage imitieren. Danach wird die Federwaage dasselbe Gewicht anzeigen wie zuvor, der Blechstreifen wird aber auf Null stehen. Das bedeutet, daß während der schnellen Abwärtsbewegung die Last nichts wog, schwerelos war, und der zurückgehende Zeiger hat den Streifen so verschoben, daß er bei Null stehen blieb. Habt ihr keine Federwaage, so könnt ihr euch einen entsprechenden Ersatz selbst herstellen. Dafür genügt ein Holzbrettchen, auf dem ihr einen Streifen breiten Gummis befestigt. Auf dem Brettchen sind noch Markierungen und am Gummi ein Zeiger anzubringen. Über dem Zeiger soll sich der Blechstreifen befinden. Die Teilung kann beliebig sein, muß aber mit Null beginnen, und der Zeiger muß ohne Last in dieser Stellung verharren.

Man kann den Versuch natürlich auch einfacher ausführen. Nehmt ein 1-kg-Gewicht in die Hand und führt sie beschleunigt



nach unten. Dabei werdet ihr spüren, daß das Gewicht mit geringerer Kraft auf die Handfläche drückt.

Führt nun einen anderen Versuch durch. Nehmt zwei unterschiedlich große, noch nicht geöffnete Konservenbüchsen und stellt die kleinere symmetrisch auf die größere Büchse. Dazwischen legt einen breiteren Papierstreifen. Er läßt sich nur mit einigem Kraftaufwand herausziehen.

Haltet nun mit der einen Hand ein Ende des eingeklemmten Papierstreifens fest und mit der anderen die beiden aufeinandergestellten Büchsen. Führt eine beschleunigte Bewegung nach unten aus. Beim Fallen werden die Büchsen schwerelos, so daß sich der Papierstreifen leicht herausziehen läßt. Paßt bei diesem Versuch aber auf, daß euch die Büchsen nicht entgleiten und den Boden beschädigen.

LICHTANZEIGE DER SCHWERELOSIGKEIT. Wenn ihr dem Physikkabinett eurer Schule ein Geschenk machen wollt, bastelt folgendes Gerät, das den Zustand der Schwerelosigkeit während des freien Falls anzeigt.

Für diese Aufgabe werden eure Fähigkeiten zu Tischler-, Schlosser-, Elektroarbeiten gefordert.

Das Gehäuse des Gerätes wird aus festem Papier geklebt, das zu einem mehrschichtigen Rohr zusammengerollt wurde. Im Rohr sollen sich zwei kleine Stabbatterien gut verschieben lassen, und es soll recht stabil sein. Klebt es mit Hilfe eines runden Stabes (der zum späteren Entfernen aus zwei Hälften besteht), um den der Papierstreifen gewickelt wird. Der Stab soll 1 cm dicker sein als die Batterien, und der Papierstreifen soll 5 cm breiter sein, als die zwei aneinandergelegten Batterien lang sind.

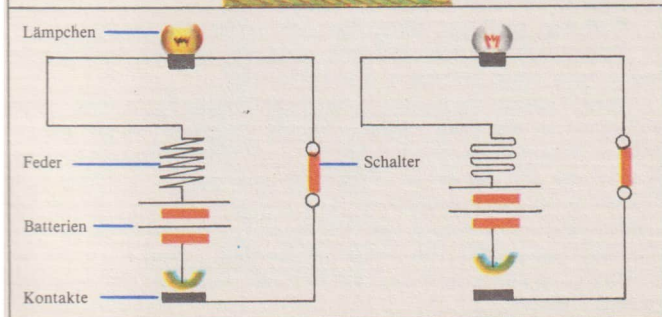
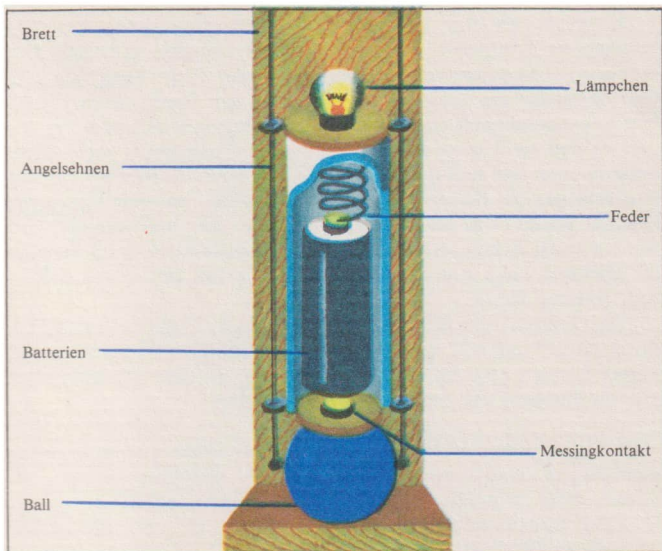
Aus Pappe und Papier sind zwei abnehmbare Deckel zu kleben, die im Rohr fest sitzen. Auf den oberen Deckel ist dann eine Sperrholzscheibe zu kleben (Außendurchmesser des Rohres), an die Kontakte zur Befestigung eines Taschenlampenlämpchens anzubringen sind. Am unteren Kontakt (z. B. ein Messingplättchen) befestigt

das Ende einer Feder. Sie wird aus einem Stück Kupfer- oder Eisendraht gebogen, indem dieser auf einen Stock gewickelt wird. Die Feder muß so stark sein, daß sie vom Gewicht der zwei Batterien um die Hälfte gedehnt wird. Stellt nun die zwei Batterien aufeinander und überzeugt euch mit Hilfe eines Lämpchens, daß sie in der Mitte guten Kontakt haben. Dann klebt sie mit einer Papierrolle zusammen. An den oberen Kontakt dieser Batterie ist das andere Ende der Feder mittels eines Drahtstückes zu befestigen und dann anzulöten.

Auf die Innenseite des anderen Deckels wird ein weiteres Sperrholzscheibchen geklebt und auf ihm ein Messingkontakt angebracht. Darauf kommt dann der Boden der unteren Batterie zu liegen, nachdem unser Gerät zusammengesetzt ist. Der Draht dieses Kontaktes ist nach außen zu führen und an den Seitenkontakt des Lämpchens am oberen Deckel anzuschließen. Oben und unten am Gehäuse bringt je zwei Drahtschlaufen an.

Setzt jetzt das Gerät zusammen. Nunmehr werden die Batterien vermittels der Feder unter dem oberen Deckel so aufgehängt, daß die untere der Batterien das Messingplättchen auf dem unteren Deckel berührt. Nachdem beide Deckel fest in das Rohr gesetzt sind, muß das Lämpchen brennen. Haltet das Gerät vertikal mit dem Lämpchen nach oben und bewegt es beschleunigt nach unten, als würde es frei fallen. Wenn das Lämpchen dabei erlischt und dann wieder brennt, ist das Gerät in Ordnung. Andernfalls ist eine andere Feder anzufertigen: Entweder ist ihr Durchmesser zu verändern, oder es ist ein Draht anderer Stärke zu nehmen.

Nach der Überprüfung des Gerätes bringt es an einem glatten, etwa 2 m langen und 15 cm breiten Brett an. Oben kann eine Öse angenagelt sein, um es an die Wand hängen zu können. Unten nagelt ein kleines Täfelchen an, auf dem dann ein Gummiball befestigt wird. Spannt von oben nach unten zwei Angelsehnen vom Abstand der Ösen am Gerät. Von ihnen geführt, wird dann das Gerät herunter fallen. Es soll dabei die Brettfläche nicht berühren.



Kommen wir nun zum Versuch selbst. Das Gerät mit dem brennenden Lämpchen wird so hoch wie möglich gehoben. Das brennende Lämpchen zeigt an, daß die an der Feder hängende Last (die Batterien) ein Gewicht besitzt. Laßt das Gerät fallen. Dabei tritt Schwerelosigkeit ein, die Batterien belasten nicht mehr die Feder, so daß sie kürzer wird, wodurch der Fußkontakt nicht mehr berührt wird und das Lämpchen erlischt. Beim Auftreffen auf den Ball erlangen die Batterien ihr Gewicht zurück, und das Lämpchen leuchtet wieder auf. Damit das Lämpchen ein- und ausgeschaltet werden kann, bringt an der Seite des Gerätezylinders einen Schalter an. Dadurch kann man die Lampe nur während der Demonstrationen brennen lassen.

Der Zustand der Schwerelosigkeit unseres Gerätes kommt dadurch zum Ausdruck, daß das Lämpchen erlischt. Wenn ihr wollt, könnt ihr euch aber auch ein Gerät bauen, bei dem das Lämpchen nur im Zustand der Schwerelosigkeit brennt.

SCHWERELOSIGKEIT UM UNS. Auf der Erde gibt es viele Erscheinungen eines zumindest teilweisen Gewichtsverlustes. Er dauert unter irdischen Bedingungen aber nicht lange.

Fährt man in einem Fahrstuhl abwärts, so verspürt man zu Beginn einen Gewichtsverlust.

Und was geschieht, wenn man schaukelt?

Bewegt sich eine Schaukel nach unten, so verspürt der Draufsitzende auch einen teilweisen Gewichtsverlust.

Beim Turmspringen oder Springen auf einem Trampolin, wobei der Artist in der Luft schwebt, kommt es zum Zustand völliger Schwerelosigkeit. Sicherlich habt ihr schon Zirkusakrobaten in der Kuppel des Zirkuszeltens frei fliegen gesehen und wie sie dann zum Schluß in ein unten gespanntes Netz springen. Bei den wenige Sekunden dauernden Flügen und Sprüngen liegt Schwerelosigkeit vor. Verzögerungssprünge von Fallschirmsportlern, wenn sie noch beschleunigt springen, sind auch ein Beispiel von solch einem schwerelosen Zustand.

Bei Seegang kommt es auf Schiffen zu fortwährenden Gewichtsverlusten. „Gleitet“ das Deck unter den Füßen weg, kommt es zu augenblicklichen Gewichtsverlusten, was viele nicht vertragen können. Sie werden seekrank.

Beim freien Fall liegt also Schwerelosigkeit vor. Ein um die Erde fliegendes Raumschiff befindet sich ständig im Zustand des freien Falls. Es unterliegt der Erdanziehung und fällt fortwährend. Ihm wurde jedoch eine so große Geschwindigkeit erteilt, daß es nicht auf die Erde stürzt, sondern auf seiner Umlaufbahn verbleibt.

Alles, was sich im Raumschiff befindet, unterliegt ebenfalls der Erdanziehungskraft. Es wird allerdings auf die Unterlage kein Druck ausgeübt – die Dinge sind schwerelos. Aus diesem Grunde ist es dem Kosmonauten auch egal, ob er im Sessel sitzt oder in der Kabine fliegt, denn es gibt für ihn sowieso kein „Oben“ und „Unten“. Ihr habt sicherlich schon im Fernsehen gesehen, wie Bleistifte, Notizblöcke und andere nicht befestigte Gegenstände in der Kabine des Raumschiffes umherfliegen.

Um sich an die Schwerelosigkeit gewöhnen zu können, ist ein umfangreiches vorbereitendes Training erforderlich. Aber ein Kosmonaut muß nicht nur daran gewöhnt sein, daß er schwerelos ist, er muß auch viele Tage im Kosmos arbeiten können.

DIE WÄRME-GRUNDLAGE DES LEBENS. Alles Leben auf der Erde beruht auf der von der Sonne ausgestrahlten Energie. Die verschiedenen Pflanzen und Tiere existieren auf dieser Welt. Sie haben sich an unterschiedliche Temperaturbereiche angepaßt: von 50°-58° Wärme bis 60°-70° Kälte.

Wie die Lebewesen sich an starken Frost anpassen, können die Pinguine beweisen. Bei den sehr tiefen Temperaturen in der Antarktis brüten die Pinguine sogar ihre Jungen aus.

Versuche zur Wärmeenergie

Aber kein Lebewesen könnte die Kälte im Kosmos aushalten, wie es auch nicht die hohen Temperaturen auf der Venusoberfläche aushalten würde, die einige hundert Grad erreichen.

In der kosmischen Leere gibt es kein Medium, das von der Sonne erwärmt werden könnte, es gibt nichts, das Sonnenstrahlen aufhalten oder reflektieren könnte. Deshalb sind die grimmigsten Fröste möglich und es werden spezielle Maßnahmen getroffen, damit es in einem Raumschiff auch genügend warm ist. Die Luft in einem Raumschiff oder in einer Raumstation wird auf dem gleichen Druck und in der gleichen Zusammensetzung wie auf der Erde gehalten. Und auch die Temperatur hat die Werte, an die der Mensch gewöhnt ist. All das wird mit speziellen Geräten erreicht, die automatisch die Zusammensetzung, Feuchtigkeit, Temperatur und den Druck der Atmosphäre des Raumschiffes regeln.

Nur an der Schwerelosigkeit verspüren die Kosmonauten, daß sie nicht auf der Erde sind, sondern in einem winzigen künstlichen Planeten, welcher vom menschlichen Verstand geschaffen wurde und der mit enormer Geschwindigkeit durch den toten Weltraum fliegt.

HEISSE STRAHLEN DURCHEILEN KOSMISCHE LEERE. Alles Leben auf der Erde verdankt also seine Existenz der Sonne. Was stellt diese gewaltige Energiequelle dar?

Die Sonne ist ein glühender Gasball. Man nimmt an, daß sich in ihm vermittels einer Kettenreaktion, die bei sehr hohen Temperaturen und Drücken stattfindet, Wasserstoff in Helium verwandelt. Dabei entsteht eine kolossale Wärmemenge, die dann in alle Richtungen ausgestrahlt wird. Auf die Erde fällt nur ein winziger Teil dieser Energie. Obwohl dieser sehr klein ist, reicht er aus, damit auf der Erde gewaltige Wälder und viele Lebewesen entstehen können.

Auch die Energieträger Kohle, Erdöl und Gas konnten nur unter Einwirkung der Sonne entstehen. Heutzutage nutzt man die Sonne aber auch unmittelbar als Energiequelle. Es wurden Apparate gebaut, die Sonnenstrahlen sammeln, um Wasser zu erwärmen oder direkt in Elektroenergie umzuwandeln. Für die künstlichen Erdsatelliten, Raumschiffe und Raumstationen, Mondmobile und interplanetare Raumsonden ist die Sonne die Hauptenergiequelle. Die Sonnenenergie wird mit Hilfe von Sonnenbatterien aufgefangen und in elektrischen Strom verwandelt.

Die Sonnenenergie gelangt auf die Erde in Form von Wärmestrahlen, die im luftleeren Weltraum Millionen von Kilometern zurückgelegt haben. An der Wärmeübertragung durch Strahlung ist das dazwischenliegende Medium nicht beteiligt. Diese Art der Wärmeübertragung heißt Wärmestrahlung.

Stellt folgenden Versuch an. Umfaßt eine noch nicht eingeschaltete Glühbirne. Ihr spürt das kalte Glas. Schaltet nun die Glühbirne für 2–3 Sekunden ein. Solange die Glühbirne eingeschaltet ist, spürt ihr die vom Glühfaden ausgesandte Wärme. Sobald die Birne nicht mehr brennt, nehmt ihr wie zuvor nur kaltes Glas wahr.

Weder das Glas noch das Gas, mit dem heute die Glühlampen gefüllt werden, wurden in der kurzen Zeit spürbar erwärmt. Die Hand wurde von den vom Glühfaden ausgestrahlten Wärmestrahlen erwärmt.

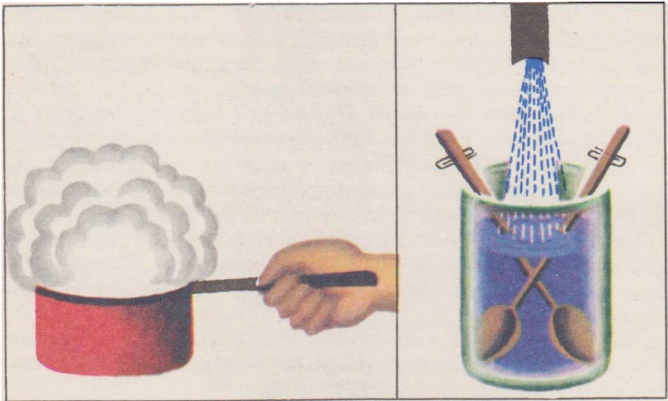
Früher waren die Glühbirnen luftleer. Dadurch stellten sie kleine Modelle für die Ausbreitung der Sonnenwärme durch den luftleeren Weltraum zu den Planeten dar.

Aber auch bei einer mit Gas gefüllten Glühbirne kann man sich davon überzeugen, daß die Hand warm wird, obwohl das Glas noch gar nicht warm geworden ist.

VOM WARMEN ZUM KALTEN. Neben der Wärmeübertragung durch Strahlung, bei der kein dazwischenliegendes Medium erforderlich ist, welches dabei erwärmt wird, gibt es noch eine andere Art der Wärmeausbreitung – die Wärmeleitung.

Der Griff eines Topfes, in dem gerade das Wasser gekocht hat, wie ihr aus der täglichen Erfahrung wißt, ist sehr heiß. Den Griff hat natürlich niemand erwärmt. Aus dem Topf ging Wärme in den metallenen Griff über und hat ihn erhitzt. Die Wärme breitet sich im Metall allmählich aus. Früher wurde diese Wärmeleitung sogar mit dem Fließen von Wasser verglichen.

Die verschiedenen Stoffe leiten Wärme unterschiedlich gut. Die besten Wärmeleiter sind die Metalle. Aber auch unter ihnen lassen sich bessere und schlechtere Wärmeleiter unterscheiden. Zu den besten Wärmeleitern zählen die Edelmetalle – Platin, Gold und Silber.



Sie finden in wichtigen Schaltkreisen, Geräten und Apparaten Anwendung.

Die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit von Metallen läßt sich wie folgt demonstrieren: Nehmt zwei Teelöffel, einen silbernen und einen aus einer Nickellegierung. Befestigt an ihren Griffen mit einigen Wachstropfen je eine Büroklammer und stellt die Löffel dann in ein Glas.

Wird nun heißes Wasser hineingegossen, so werden beide Löffel warm. Am Silberlöffel schmilzt das Wachs, und die Büroklammer fällt ab. Vom anderen Löffel fällt die Büroklammer entweder später oder überhaupt nicht ab.

Die Löffel sollen natürlich gleich groß sein und gleiche Form haben. Statt eines Silberlöffels läßt sich auch ein anderer Löffel nehmen; es kommt nur darauf an, daß die Löffel aus verschiedenen Metallen bestehen. Das Metall, in dem die Erwärmung schneller erfolgt, besitzt eine bessere Wärmeleitfähigkeit, es ist wärmeleitfähiger.

Die schlechtesten Wärmeleiter unter den Festkörpern sind keramische Materialien, Kunststoffe, Holz und Gewebe. Deshalb sind die Griffe vieler Töpfe auch aus Holz oder Kunststoff. Wenn der Griff aber aus Metall ist, benutzt man einen Topflappen, um sich nicht zu verbrennen. Er leitet Wärme schlecht und kann dadurch als Wärmeisolator dienen.

DAS GEWICHT-EIN WÄRMEREGULATOR. Es gibt noch eine Art der Wärmeübertragung in der Natur – die Konvektion. Sie tritt in Flüssigkeiten und Gasen auf. Die Konvektion beruht darauf, daß die erwärmten Teile der Flüssigkeit oder des Gases leichter sind und deshalb nach oben steigen, während die kälteren Schichten schwerer sind und nach unten gehen. Die Wärmequelle befindet sich meistens unten, so daß es zu einer ununterbrochenen Durchmischung von nach oben steigenden warmen Schichten und nach unten gehenden kalten Schichten kommt. Bei Schwerelosigkeit, z.B. in einer Orbitalstation, kann es eine solche Art der Wärmeübertra-

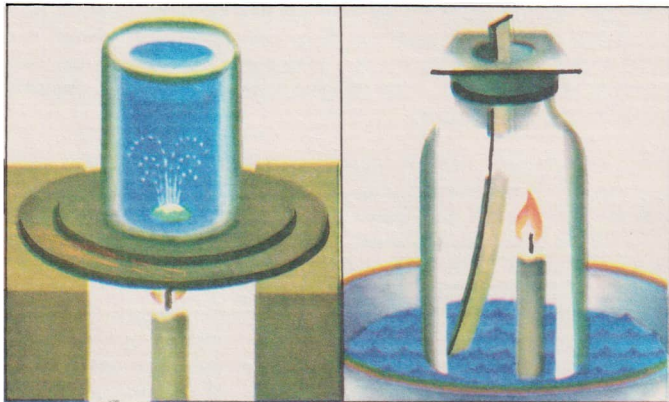
gung aber nicht geben, denn der Wärmeregulator – das Gewicht – fehlt.

Um die Konvektion in einer Flüssigkeit zu verfolgen, stellt folgenden Versuch an.

Legt auf einen glatten metallischen Deckel eines Konservenglases einige Kristalle Kaliumpermanganat, laßt auf sie einen Tropfen Wasser fallen und bedeckt sie mit einer Wachsschicht. Die Wachsschicht soll überall bis auf den Deckel reichen und ist anzudrücken. Deckt nun mit dem Deckel ein Glas Wasser so zu, daß sich das Wachsplätzchen im Glas befindet, dreht das Ganze um und stellt es so auf zwei Kanten, daß eine Kerze untergehalten werden kann.

Haltet unter der Stelle, an der die Kristalle mit Wachs festgeklebt sind, eine brennende Kerze. Das erwärmte Wachs reißt dabei vom Deckel ab, und man sieht violettes Wasser nach oben strömen. Danach sieht man auch, wie das gefärbte Wasser zirkuliert: Warme Strömungen gehen nach oben, kalte nach unten.

Folgender Versuch demonstriert die Zirkulation von Wärme-



strömungen in der Luft. Man setzt eine Milchflasche mit sauber abgeschnittenem Boden über eine brennende Kerze. Diese erlischt schnell, weil frische Luft nicht zuströmen kann. Die erwärmte Luft und die warmen Verbrennungsgase steigen nach oben, so daß Frischluft nicht hinein kann. Setzt man aber in die Flasche einen Streifen festes Papiers, so trennt er den Raum in zwei Hälften: in eine, in der die Kerze steht und die warmen Gase nach oben steigen, und in eine andere, durch die kältere Frischluft angesaugt werden kann.

Um sich davon zu überzeugen, daß der Pappstreifen für die Versorgung der Kerze mit der Frischluft sehr wichtig ist und ohne ihn keine Zirkulation der Luft möglich ist, zieht ihn heraus. Die Kerze erlischt augenblicklich.

WÄRMEISOLATION. Wenn man im Winter spazieren geht, verwendet man eine Wärmeisolation, oder schlechtweg – man zieht einen Mantel an. Die Luft, die zwischen den vielen Fäserchen und Härchen des Mantels enthalten ist, wird daran gehindert zu zirkulieren.

Unbewegte Luft ist aber wie jedes Gas ein schlechter Wärmeleiter. Es dauert daher auch bei starkem Frost lange, bis man spürt, daß der Mantel innen etwas kälter geworden ist.

Eigentlich sollte man sagen, daß ein Pelzmantel überhaupt nicht wärmt. Er hilft lediglich, die vorhandene Wärme zu speichern.

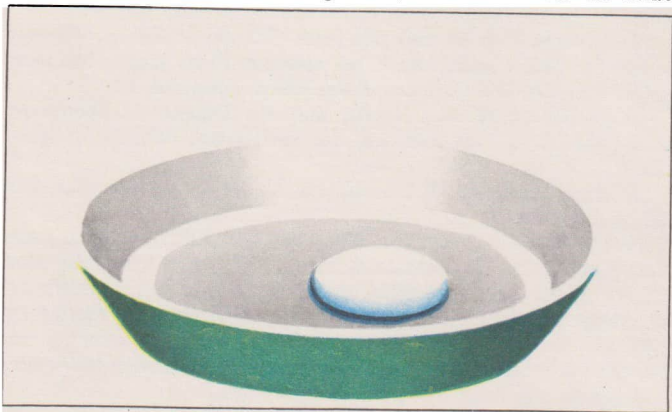
Will man etwas vor Kälte schützen, so verwendet man also eine Wärmeisolation.

Wärmeisolatoren schützen nicht nur vor Kälte, sondern auch vor Wärme. Die Kosmonauten fliegen bei ihrer Rückkehr sehr schnell in der Erdatmosphäre, wobei die Kapsel der Luftreibung unterliegt und sehr warm wird. Um die Besatzung und Geräte zu schützen, besitzt die Kapsel einen wärmeisolierenden Überzug. Er besteht aus Schichten eines die Wärme schlecht leitenden Materials, das gleichzeitig hohe Temperaturen verträgt.

Wie schon festgestellt, sind Gase schlechte Wärmeleiter. Um sich davon zu überzeugen, kann man folgenden Versuch durchführen.

Setzt einen kleinen Kindergeschirrteller aus Aluminium auf den Herd und gießt einen halben Teelöffel Wasser hinein, nachdem der Teller hinreichend heiß geworden ist. Das Wasser verdampft nicht augenblicklich, wie man es erwarten könnte. Es nimmt die Form einer abgeplatteten Kugel an, rollt an die tiefste Stelle des Tellers und verharrt dort auf dem glühenden Metall. Es ist schon eine merkwürdige Sache, daß sich das Wasser nicht augenblicklich in Dampf verwandelt. Das Wasser verdampft natürlich; der Dampf schützt aber den großen sphäroidalen Tropfen vor dem heißen Metall. Im vorliegenden Fall sorgt der Dampf für eine ausgezeichnete Wärmeisolation.

Der Versuch läßt sich auch in einer vereinfachten Form durchführen. Haltet ein recht heiß eingestelltes Bügeleisen mit der Plättfläche nach oben und spritzt etwas Wasser drauf. Es verwandelt sich sofort in kleine runde Kügelchen, die schnell über die heiße

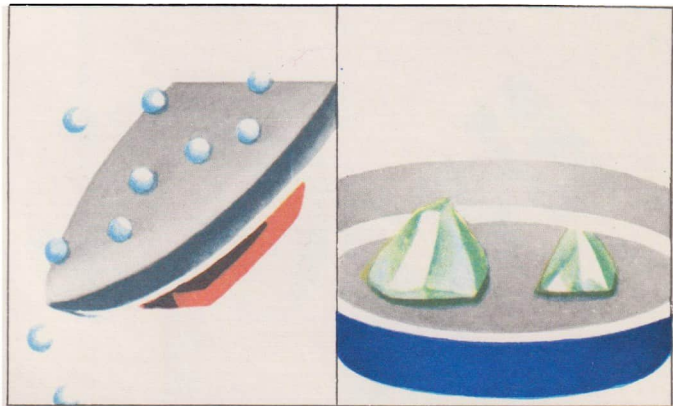


Plättfläche rollen. Die Tröpfchen verdampfen nicht augenblicklich, weil sie von einem „Dampfkissen“ vom heißen Eisen isoliert werden. Die Kügelchen gleiten also auf einem „Dampfkissen“ über die Platte.

Heute gibt es Fahrzeuge, die sich auf einem „Luftkissen“ über die Erde oder eine Wasseroberfläche bewegen, ohne diese zu berühren. Kräftige Ventilatoren blasen nach unten und erzeugen dabei ein so dichtes „Luftkissen“, daß es das Gewicht des Fahrzeuges samt Besatzung aushält. In unserem Versuch hatten wir es mit einer ähnlichen Fortbewegungsart zu tun. Es trat dabei aber kein Luft-, sondern ein Dampfkissen auf, das von einer heißen Oberfläche erzeugt wurde.

Stellt noch diesen Versuch an.

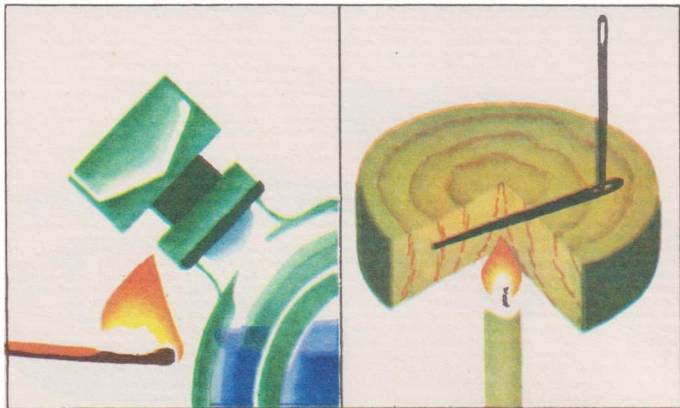
Legt einige Stücke Trockeneis auf die glatte Oberfläche des Aluminiumtellers. Neigt den Teller dann in verschiedene Richtungen. Die Stücke werden dabei leicht über den Teller rutschen. Der warme Aluminiumteller (der mindestens 100 Grad wärmer ist als das Trockeneis) fördert nämlich eine schnellere Absonderung von



Kohlendioxid. Unter den Stücken bildet sich ein „Kohlendioxidkissen“ aus, auf dem sie dann gleiten.

WÄRMEAUSDEHNUNG. Jeder weiß, daß sich ein Körper beim Erwärmen ausdehnt. In einem Thermometer befindet sich in einer kleinen Glaskugel gefärbter Alkohol oder Quecksilber. Beim Erwärmen dehnt sich der Alkohol oder das Quecksilber aus und steigt dadurch im Thermometerröhrchen nach oben. Nachdem sich das Wärme Gleichgewicht eingestellt hat, kommt der Faden zum Stillstand. Seine Länge ist ein Maß für die Temperatur des das Thermometer umgebenden Mediums.

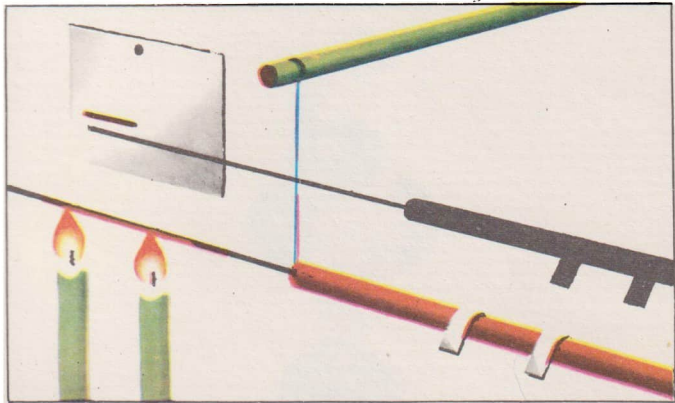
Hier ein anderes Beispiel für die Wärmeausdehnung. Manchmal sitzt in einer Glasflasche der eingeschlossene Verschuß so fest, daß man ihn nicht herausziehen kann, ohne Angst zu haben, den Flaschenhals abzubrechen und sich in die Hand zu schneiden. Man erwärmt dann den Flaschenhals gleichmäßig mit einem brennenden Streichholz. Die Flamme eines Streichholzes reicht aus, um das Glas so weit auszudehnen, daß sich der Verschuß, der noch nicht



warm geworden ist, leicht herausnehmen läßt. Das sind Beispiele der allgemeinverbreiteten Anwendung physikalischer Gesetze.

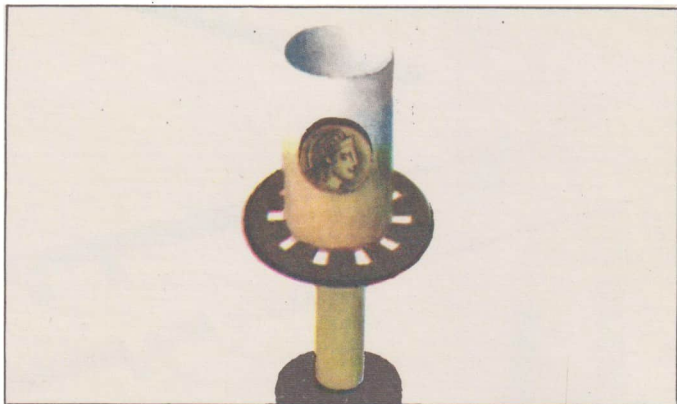
Führen wir nun einen Versuch durch, der die Längenänderung eines Metallstückes bei einer Temperaturänderung veranschaulicht. Aus einer Holzscheibe wird ein Sektor ausgeschnitten und in den einen dabei entstehenden Rand eine Nähnadel gesteckt. Durch ihr Ohr wird eine zweite Nadel in das Holz gesteckt. Erwärmt nun die liegende Nadel mit einer Kerze. Sie wird dabei warm, dehnt sich etwas aus und neigt dadurch die zweite Nadel.

Baut euch eine Wärmewaage. Ein 1–2 mm starker gerader Kupferdraht von etwa 40 cm Länge wird in das Ende eines Holzstabes von etwa der gleichen Länge gesetzt. Dazu ist in den Stab ein entsprechend großes Loch zu bohren. Das Ganze wird in der Mitte an einem Faden aufgehängt und bildet den Waagebalken, der waagrecht hängen soll. Um das zu erreichen, kann es nötig sein, den Holzstab etwas abzuschneiden oder ihn mit einer kleinen Last zu beschweren, z.B. einem Stückchen Papier. Man kann das System auch ins Gleichgewicht bringen, indem man den Aufhängepunkt et-



was verschiebt. Bestrahlt den Waagebalken mit einer Tischlampe so, daß eines seiner Enden, z.B. der Kupferdraht, einen Schatten an die Wand wirft. An diese Stelle der Wand hängt ihr ein Blatt Papier und markiert mit Bleistift die Lage des Schattens, wenn sich der Waagebalken exakt in der Waagerechten befindet. Stellt nun zwei brennende Kerzen unter den Kupferdraht. Nachdem er sich gut erwärmt hat, hat er sich soweit ausgedehnt, daß das Gleichgewicht merklich gestört ist: Der Balken neigt sich um einige Millimeter. Das ist am Schatten gut zu sehen. Die Kerzen können jetzt ausgepustet werden. Der Kupferdraht nimmt langsam wieder seine Ausgangslänge an, wodurch auch der Schatten des Balkens in seine ursprüngliche Lage zurückkehrt.

REFLEXION UND ABSORPTION VON WÄRME. Wärme- und Lichtstrahlen werden am besten von Spiegeln reflektiert. Etwas schlechter, wenn auch noch gut, reflektieren weiße und überhaupt helle Oberflächen die Strahlen. Deshalb trägt man auch im Sommer insbesondere im Süden überwiegend helle Kleidung. Dunkle Klei-



dung, wenn sie auch aus leichtem Stoff geschnitten ist, absorbiert die Wärmestrahlung stärker, in ihr ist es wesentlich heißer.

Im Frühjahr taut der mit Staub und Ruß bedeckte Schnee viel schneller als der saubere Schnee auf den Feldern.

Führen wir folgenden Versuch durch. Aus einem Blatt Papier wird ein Zylinder von 5–6 cm Durchmesser geklebt. Innen ist dann eine streichholzschachtelgroße Fläche schwarz anzutuschen. Der Fleck braucht keine regelmäßige Form zu haben. Auf der äußeren Seite klebt über dem Fleck mit einigen Wachstropfen ein 10-Pfennigstück an den Zylinder und auf der gegenüberliegenden Seite ein zweites 10-Pfennigstück. Der Zylinder ist nun über eine brennende Kerze zu setzen. Die Kerzenflamme soll sich mit den Münzen auf gleicher Höhe befinden und möglichst im Zentrum des Zylinders stehen.

Zuvor kann man sich einen Pappiring machen, der sich auf die Kerze schieben läßt und dann den Zylinder trägt. Er muß zur Ventilation einige Öffnungen enthalten.

Wie oft man auch den Versuch wiederholen mag, stets wird die über dem schwarzen Fleck angeklebte Münze zuerst abfallen. Die schwarze Fläche absorbiert die Wärmestrahlen stärker und erwärmt sich deshalb schneller.

EINIGE VERSUCHE ZUR ENERGIEUMWANDLUNG. Euch ist es schon bekannt, daß Energie durch die Arbeit, die irgendwer oder -was (z.B. eine Maschine) verrichten kann, ausgedrückt wird.

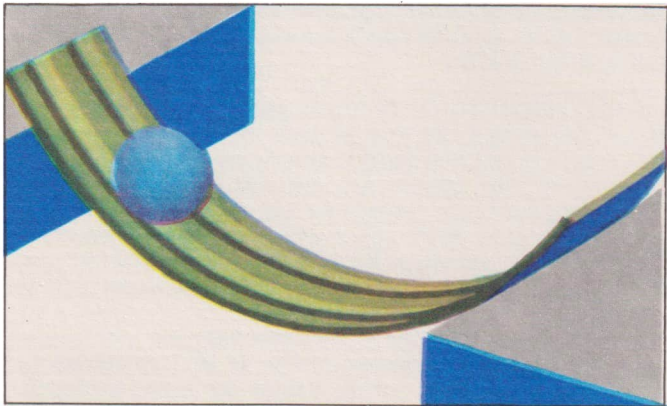
Von einer Feder, die nicht aufgezogen ist, kann man sagen, daß sie keine Energie besitzt, weshalb die Uhr, in der sie sich befindet, steht. Man braucht die Feder nur aufzuziehen, und schon drehen sich die Rädchen und Zeiger der Uhr. Die Feder arbeitet so lange, bis ihr Energievorrat erschöpft ist, und wir diesen wieder auffüllen müssen, indem wir die Uhr aufziehen.

Die Energie ist ewig: Sie verschwindet nicht, sie geht lediglich aus einer Energieform in eine andere über. Ist die Uhr stehengeblieben, so heißt das nicht, daß die Energie der Feder spurlos ver-

schwunden ist. In Wirklichkeit ist sie allmählich in mechanische Energie der Uhräder übergegangen. Die mechanische Energie ihrerseits wurde zu Wärmeenergie. Die abgesonderte Wärmeenergie ist natürlich sehr klein; sie führte zu einer unmerklichen Erwärmung der die Uhr umgebenden Luft. Und wenn wir sie nicht registriert haben, bedeutet das nicht, daß es sie nicht gäbe.

Stellen wir einige Versuche an, in denen verschiedene Energieformen ineinander übergehen.

Auf einen langen Pappstreifen klebt parallel mit geringem Abstand zwei schmale Pappstreifen. Biegt dann das Ganze etwas und setzt es zwischen zwei dicke Bücher. In der Rinne kann man nun eine Kugellagerkugel abrollen lassen. Nachdem die Kugel losgelassen wurde, entwickelt sie eine große Geschwindigkeit, vollführt mehrere Schwingungen und bleibt letztendlich stehen. Am Anfang besaß die Kugel nur potentielle Energie. Nachdem sie losgelassen wurde, verwandelte sich diese Energie in die Bewegungsenergie entlang der Rinne. Gleichzeitig kam es dabei an der Rinnenoberfläche und in der Luft zu Reibung, wobei Wärme entstand.



Ein gekrümmtes Stahllineal enthält gespeicherte mechanische Energie—es ist in der Lage, mechanische Arbeit zu verrichten. Man kann mit ihm z.B. einen Radiergummi einige Meter weit werfen.

Beim Aufpumpen eines Fahrrades wird die Luftpumpe sehr warm. Die bei der Kompression aufgewendete mechanische Energie hat sich zu einem recht beachtlichen Teil in Wärmeenergie verwandelt.

Ihr könnt die Energieumwandlungen täglich beobachten.

In den Verbrennungsmotoren der Kraftfahrzeuge, Dieselloks und Flugzeuge wird die chemische Energie des Treibstoffes in Wärmeenergie umgewandelt und diese dann in mechanische Energie. Dieselben Energieumwandlungen laufen beim Start eines Raumschiffes in den Raketenmotoren ab.

In folgendem interessantem Versuch wird mechanische Energie in Lichtenergie umgewandelt.

Benötigt wird Kandiszucker und eine kleine Zange. Der Versuch wird bei völliger Dunkelheit ausgeführt, nachdem sich die Augen an die Dunkelheit gewöhnt haben. Mit der Zange werden Zuckerstücke zerbissen. In dem Moment, in dem der Zucker zerbricht, blitzen an den Bruchflächen bläuliche Funken auf. Es handelt sich dabei um kaltes Licht. Es entsteht beim Zerreißen von Kristallen und wird als Tribolumineszenzlicht bezeichnet.

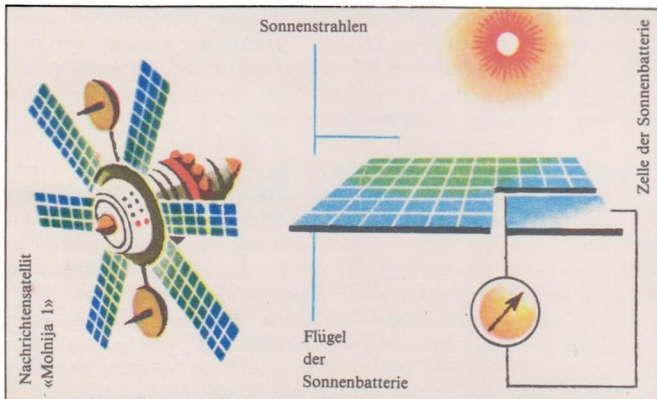
UMWANDLUNG VON LICHT IN ELEKTROENERGIE. Elektroenergie läßt sich leicht in Licht verwandeln, man braucht nur das elektrische Licht einzuschalten. Es gibt aber auch die Erscheinung, daß sich Licht in Elektroenergie verwandelt. Diese Erscheinung heißt Photoeffekt. Er wurde von dem hervorragenden russischen Physiker Alexander Stoletow am Ende des vergangenen Jahrhunderts untersucht. Stoletow stellte fest, daß die Bestrahlung einer Zinkplatte mit dem grellen Licht einer elektrischen Bogenlampe in einem Stromkreis, in dem sich die Platte befindet, zu einem Stromfluß führt. Auf dieser Entdeckung beruht die heutige Anwen-

derung des Photoeffektes. Dieser Effekt wird sowohl in der Industrie als auch im täglichen Leben vielfach angewendet. Tonfilm und Fernsehen sind ohne ihn undenkbar.

Der Photoeffekt führt aber nicht nur zu einer Verstärkung des Stromes bei Bestrahlung bestimmter Metalle, die in dem Stromkreis liegen. Er kann sich auch darin äußern, daß in einigen Halbleitern bei Beleuchtung elektrischer Strom entsteht, der vorher nicht existierte. Es wird dann Lichtenergie in Elektroenergie umgewandelt.

Die Erscheinung wird in den Belichtungsmessern zur Bestimmung der Belichtungsdauer beim Photographieren angewendet. Wenn ihr ein Belichtungsmesser in die hellere Richtung haltet, könnt ihr beobachten, wie dabei der Zeigerausschlag wächst.

Raumschiffe, Sputniks, Mondmobile und Orbitalstationen werden von Sonnenbatterien mit notwendiger Elektroenergie versorgt. Solche Sonnenbatterien habt ihr bestimmt schon mehrmals auf Bildern gesehen. Die Sonnenbatterien haben gewöhnlich mehrere Flügel, auf die die Halbleiterzellen montiert sind. Das auf die



Zellen fallende Sonnenlicht wird von ihnen in Elektrizität umgewandelt.

DAS KOSMISCHE EXPERIMENT VON JULES VERNE. Die Helden des Romans von Jules Verne „Hektor Servadak“ verschlug es auf einen Asteroid. Sie nannten ihn Gallius.

Der Asteroid flog durch den Weltraum, sich immer weiter von der Erde entfernend. Auf ihm befanden sich ein paar Menschen. Hier ein kurzer Auszug aus dem Leben dieser Kolonisten:

„Heute sollte auch Gallius in einen neuen physikalischen Zustand übergehen; diesmal spielten die Ansiedler dabei eine Rolle.

Nachdem sie schließlich von der Insel Gurbi ganz auf das Warme Land übergesiedelt waren, war es nötig geworden, das Gefrieren des Meeres zu beschleunigen. Das Eis würde es leichter machen, auf die Insel zu gelangen, und die Jäger erhielten ein größeres Jagdgebiet.

Kapitän Servadak, Graf Timaschew und Leutnant Prokofjew hatten die ganze Bevölkerung am hohen Steilufer zusammengerufen. Das Meer erstarrte nicht, obwohl es ausreichend kalt war. Das erklärte sich dadurch, daß es völlig unbeweglich war: Der Wasserspiegel war ganz glatt, und es regte sich kein Hauch. Bekanntlich wird Wasser dann nicht zu Eis, selbst wenn die Temperatur einige Grad unter Null liegt; aber eine leichte Erschütterung reicht aus, damit es augenblicklich gefriert.

Zu festgesetzter Stunde war die kleine Nannie mit ihrem jungen Freund Paolo erschienen.

„Meine Gute, hierher“, rief sie der Kapitän, „sag, kannst du ein Stück Eis ins Meer werfen?“

„Natürlich“, antwortete das Mädchen, „aber mein Freund hätte es viel weiter werfen können.“

„Versuch es doch selber.“

Hektor Servadak gab ihr ein Stück Eis in die Hand und sagte: „Paßt auf! Unsere Nannie kann zaubern!“

Nannie holte aus, und das Stück Eis flog in das glatte Wasser...

In diesem Moment kam es zu einem ohrenbetäubenden Knirschen und Knacken, das sich bis hinter den Horizont fortsetzte: Das ganze Wasser im Gallischen Meer hatte sich augenblicklich in Eis verwandelt.“

Hier sind nur die Maßstäbe phantastisch, die Erscheinung selbst gibt es wirklich, und sie ist auch wissenschaftlich begründet.

Kristallische Stoffe schmelzen und erstarren bei ein und derselben Temperatur, welche für den Stoff konstant ist (vorausgesetzt, die Drücke sind dieselben). Eis taut z.B. bei $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Um Eis zu tauen, ist es auf $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu erwärmen und fortgesetzt Wärme zuzuführen. Diese zusätzliche Wärmemenge wird zum Zerreißen der Bindungen zwischen den die Eiskristalle bildenden Molekülen benötigt. Die Temperatur wird deshalb während des Taus konstant auf $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ bleiben.

Ebenfalls geht bei derselben Temperatur von $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ Wasser in Eis über, und die Temperatur ändert sich nicht, bis nicht alles Wasser gefroren ist.



Aber Wasser, wie auch die anderen Flüssigkeiten, die beim Erstarren Kristallstruktur annehmen, besitzt eine interessante Eigenschaft: Es läßt sich unterkühlen, d.h. kälter als 0° machen, wenn es nicht erschüttert wird.

Führen wir den von Jules Verne beschriebenen Versuch durch, aber nicht mit Wasser, sondern mit dem bequemeren Stoff Dithionit, einer kristallinen Substanz, die in der Photographie zum Fixieren verwendet wird. Beim Kauf von Dithionit achtet darauf, daß es aus möglichst großen Kristallen besteht und trocken ist.

Füllt ein Glasfläschchen mit den Kristallen und stellt es dann in einen Topf mit warmem Wasser, und beginnt, dieses zu erwärmen. Alles Dithionit muß schmelzen, zu einer durchsichtigen Flüssigkeit werden. Um das zu erreichen, ist das Fläschchen von einer Seite auf die andere zu neigen; paßt aber auf, daß kein Wasser hineinkommt.

Macht aus Papier einen Verschuß, der das Glasröhrchen einer Pipette im Fläschchenhals festhält. Das enge Ende des Röhrchens soll in das geschmolzene Dithionit reichen. Das andere Ende ist zu verstopfen, damit nichts hereinfallen kann. Nun ist das Fläschchen an einen erschütterungsfreien Platz zu stellen.

Nach etwa 2–3 Stunden hat sich das Fläschchen auf Zimmertemperatur abgekühlt. Nehmt vorsichtig die Watte aus dem Röhrchen und laßt ein Dithionitkriställchen hineinfallen. Es soll so groß sein, daß es im engen Ende des Röhrchens hängenbleibt.

Vor euren Augen beginnt am Ende des Röhrchens eine stürmische Kristallisation des gesamten Fläschcheninhalts. Das Dithionit erstarrt augenblicklich – wird zu Kristallen.

Recht interessant ist auch, daß das gerade noch kalte Fläschchen heiß geworden ist. Wie ihr wißt, erfolgt nämlich das Schmelzen und Erstarren kristallischer Stoffe bei derselben Temperatur. Auch jetzt hat sich im Ergebnis des schnellen Umbaus der Dithionitstruktur beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand Wärme abgesondert.

DIE TRÄGHEIT IM TÄGLICHEN LEBEN. Das Wort „Trägheit“ wird nicht selten benutzt. Sogar jene verwenden es, die das erste Newtonsche Gesetz noch nicht kennen oder es wieder vergessen haben.

Das Wort „Trägheit“ ist ein lateinisches Wort und bedeutet Untätigkeit, Faulheit. Von einem faulen, sich wenig bewegenden Menschen sagt man, „er ist sehr träge“. Das ist die direkte Bedeutung des Wortes „Trägheit“.

Wir machen uns mit den Bewegungs- gesetzen bekannt

In der Physik wird das Wort „Trägheit“ dazu benutzt, um eine bestimmte Eigenschaft aller Körper zu erläutern, um nämlich auszudrücken, daß sich ein Körper (sei es ein geworfener Stein oder rollender Waggon) auch dann noch

bewegt, nachdem die treibende Kraft schon aufgehört hat zu wirken.

Umgekehrt kommt ein ruhender Körper nicht von selbst in Bewegung; um ihn zu bewegen, ist eine Kraft anzulegen.

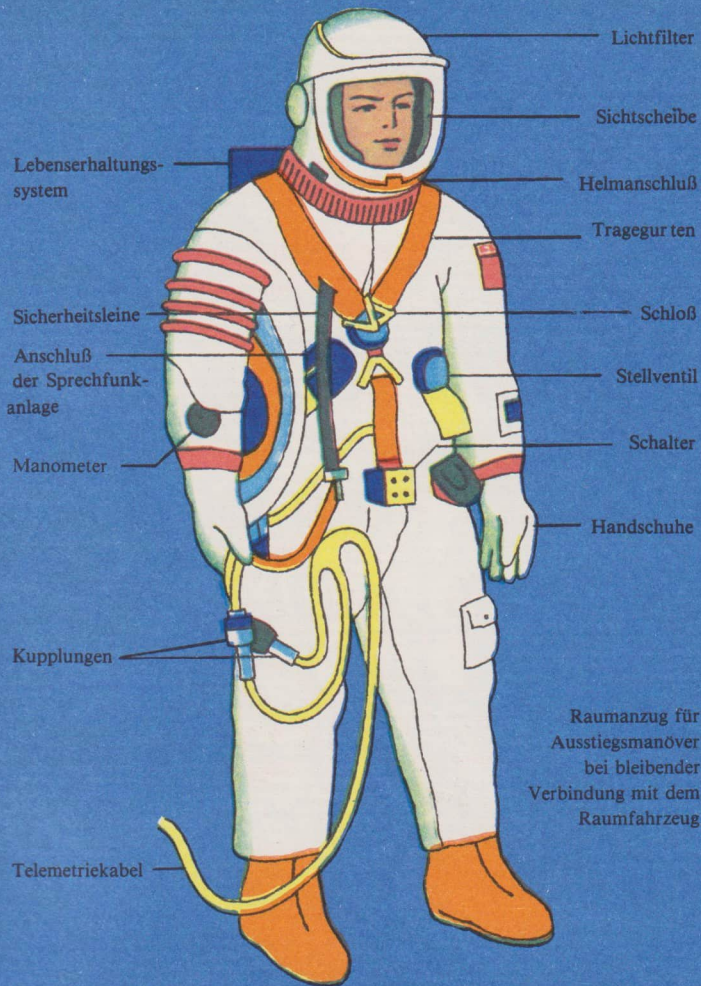
Jeder Körper besitzt also die Eigenschaft, in dem Bewegungszustand zu verharren, in dem er sich befindet, im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, solange ihn keine Kraft bremst, beschleunigt oder zur Seite ablenkt.

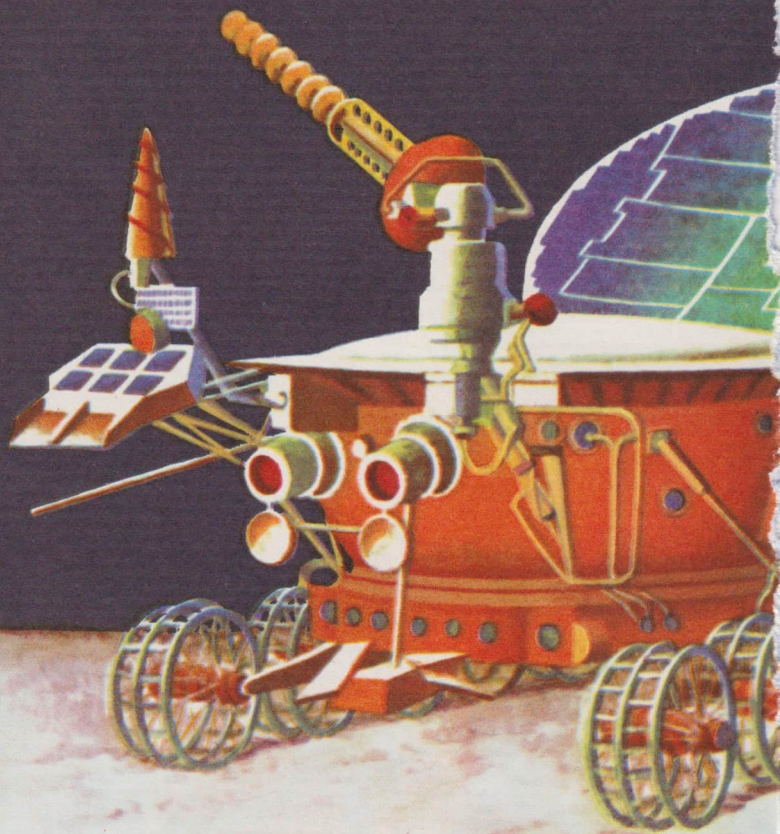
Hier einige alltägliche Trägheitserscheinungen.

Wenn nach dem Saubermachen das Staubtuch ausgeschüttelt wird, achtet einmal darauf, wie der Staub herausfliegt. Schlägt man das Tuch auf eine scharfe Kante, so verläßt der Staub das Tuch besonders schnell, denn dabei wird das Tuch besonders hart abgebremst, so daß der Staub aufgrund seiner Trägheit gut abreißen kann.

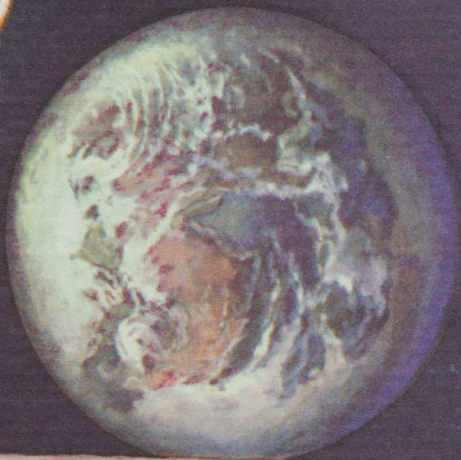
Will man von einem Glas Wasser abgießen, gibt man ihm einen Schubs. Aufgrund der Trägheit bewegt sich das Wasser dabei weiter und fließt über den Rand.

Auch das Herunterschlagen eines Fiberthermometers beruht auf der Trägheit – auf der Trägheit des Quecksilberfadens.

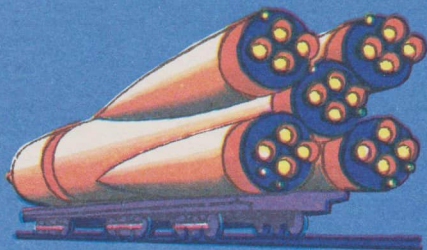




Mondmobil «Lunochod 1»
führte selbstständig die
Erforschung des Mondes durch.



Transport einer Rakete zum Raketenstartplatz



Wirkungsweise eines Raketentriebwerkes

Zufuhr des Brennstoffes

Abfuhr des Abkühlmittels

Zufuhr des Abkühlmittels

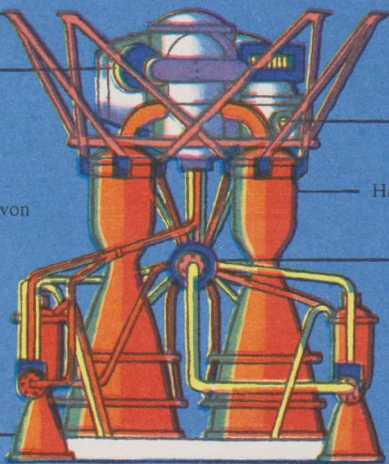


Rahmengestell

Gasgenerator

Flüssigkeits-
raketentriebwerk von
Raumschiffen
«Wostok» und
«Woschod»

Steuer-
brennkammer



Oxydatorventil

Hauptbrennkammer

Brennstoffventil

Ihr könnt nun selbst weitere Beispiele für Trägheitserscheinungen angeben. Wenn z. B. die Straßenbahn, der Autobus oder der Obus scharf bremst, erfährt man einen Stoß, als wäre man von einer unsichtbaren Hand plötzlich nach vorne geschubst worden.

Trägheitserscheinungen werden auch in der Industrie und im Verkehrswesen oft angewendet. Fährt man in einem Auto und will anhalten, so stellt man erst den Motor ab, und das Auto bewegt sich aufgrund seiner Trägheit weiter. Wenn z. B. ein größeres Schiff anlegt, dreht sich die Schiffsschraube nicht mehr; das Schiff vollführt eine langsamer werdende Trägheitsbewegung, bis es an seinen Platz gelangt ist.

Manchmal ist mit der Trägheit zu kämpfen. Zum Beispiel ist die Bewegung eines Flugzeuges beim Landen eine träge Bewegung, und trotzdem ist seine Geschwindigkeit so groß, daß spezielle Bremsrichtungen nötig sind.

Bei der Rückkehr der Kosmonauten auf die Erde ist ebenfalls die Geschwindigkeit zu verringern, bevor der Fallschirm geöffnet werden kann.

DIE TODESSCHLEIFE. Im Jahre 1913 flog der hervorragende russische Jagdflieger P. N. Nesterow, der gleichzeitig als Pionier des Kunstfluges gilt, zum ersten Mal in der Welt auf einem Motorflugzeug eine Übung, die später „Looping“ genannt wurde. Das Flugzeug wird dabei zuerst beschleunigt, geht dann in den Sturzflug über, mit Hilfe des Steuers wird der Bug scharf nach oben gerissen, wodurch es sich auf den „Rücken“ legt und der Bug wieder nach unten geht. Im Ergebnis hat das Flugzeug einen geschlossenen Kreis in der vertikalen Ebene beschrieben. Dabei spielt die Trägheit natürlich eine große Rolle.

Schon lange erfreut sich die Zirkusnummer mit dem durch die Todesschleife fahrenden Radfahrer großen Beifalls. In diesem Trick hat der Fahrweg, den der Artist mit hoher Geschwindigkeit durchfährt, die Form einer vertikal stehenden Schleife. Im oberen Teil der Schleife fährt er mit dem Kopf nach unten und den Rädern

nach oben, verläßt dann aber die Schleife, was einen Erleichterungsseufzer des Publikums hervorrufft. Diese Nummer erinnert an den Looping.

Der Radfahrer muß natürlich eine genügend hohe Geschwindigkeit besitzen. Er kann sie erreichen, indem er von einer gewissen Anhöhe aus abfährt. Sie liegt wesentlich höher als der oberste Punkt der Schleife. Die Bewegung des Radfahrers im vertikal stehenden Ring läßt sich mit der eines Steines vergleichen, der an einer Leine in der vertikalen Ebene geschleudert wird. Nur wenn er kräftig genug geschleudert wird, hat er im obersten Punkt seiner Bahn eine so große Geschwindigkeit, daß die Leine nicht erschläfft. Ebenso drückt sich der Radfahrer bei hoher Geschwindigkeit an seine Ringbahn und fällt nicht herunter, wenn er die Trägheitsbewegung mit den Rädern nach oben vollführt.

In unserem häuslichen Versuch übernimmt die Rolle des Piloten bzw. Radfahrers eine Kugel. Lassen wir sie durch eine selbstgebaute Todesschleife rollen.

Die Ausmaße der Schleife hängen von der Größe der Kugel ab. Nehmen wir an, die Kugel hat einen Durchmesser von 9 mm. Schneidet dann von festem Zeichenkarton einen 2,5 cm breiten und 120 cm langen Streifen ab (oder klebt mehrere kürzere Streifen zu einem so langen Streifen zusammen). Knickt auf beiden Seiten entlang der gesamten Länge einen 7 mm breiten Rand nach oben, so daß sich eine lange Rinne ergibt. Nun ist die Schleife zu machen, die einen Durchmesser von 8 cm haben soll. Um die Schleife biegen zu können, sind von einem Ende aus 26 cm weit aller 3–4 mm Kerben in den Rand zu schneiden. Nachdem dann das Stück zu einem gleichmäßigen Kreis gebogen wurde, sind die beiden Enden der Schleife auf ein Stück Pappe nebeneinander aufzukleben, damit sie nicht verrutschen.

Nun montiert das Modell. Wenn ihr euch Mühe gebt, wird eine schöne Konstruktion entstehen, die ihr als Anschauungsmaterial ins Physikkabinett bringen könnt.

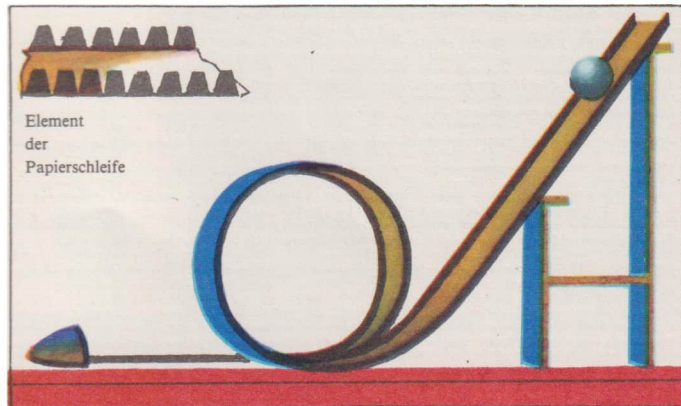
Stellt die Papierschleife vertikal auf. An dem Stück Pappe wird

dazu die Rinne auf ein Brett geklebt. Der Anfang der 90 cm langen Rinne soll 40 cm hoch lagern. Sie soll steil und gerade nach unten führen und gleichmäßig in die Schleife übergehen. Am anderen Ende, sozusagen dem Ausgang der Schleife, setzt noch ein etwa 20 cm langes Stück Rinne an und begrenzt es mit einem Auffänger für die Kugel.

Achtet darauf, daß die Konstruktion stabil genug ist, so daß sie sich unter der Last der Kugel nicht durchbiegt, und daß die Bahn eben ist, keine Wellen und Knicke enthält.

Nachdem alles fertig ist, kann die Kugel vom obersten Punkt der Rinne losgelassen werden. Sie erreicht eine hinreichend hohe Geschwindigkeit, durchläuft aufgrund ihrer Trägheit die Schleife, ohne sich von ihr zu lösen, und wird dann vom Auffänger gestoppt.

Laßt nun die Kugel von verschiedenen Höhen aus los und beobachtet, was sich dadurch ändert. Ermittelt die kritische Höhe, von der ab die Kugel nicht mehr in der Lage ist, die ganze Schleife zu durchlaufen.



Der Versuch läßt sich erweitern, indem an die Schleife eine zweite, kleinere Schleife angeschlossen wird. Die Kugel wird dann beide Schleifen durchlaufen, bevor sie in den Auffänger rollt.

MASSE UND GEWICHT AUF DEM MOND. Nicht immer wird das Wort „Masse“ in seiner eigentlichen Bedeutung verwendet. Recht anschaulich beschreibt den Massebegriff J. Selesnew im Buch „Elementare Physik“:

„Leider wird der Massebegriff oftmals in ungenauen und verschwommenen Zusammenhängen gebraucht. Manchmal spricht man vom Abfließen einer bestimmten Flüssigkeitsmasse und davon, daß eine Masse an einem Faden hängt oder auf dem Tisch liegt. Derartige Sprechweisen haben aber keinen physikalischen Sinn und erschweren das Verstehen des Massebegriffes nicht wenig.

Die Masse eines Körpers ist vor allen Dingen seine Eigenschaft, mit einer bestimmten Beschleunigung auf die Wirkung einer bestimmten Kraft zu reagieren. Die Aussage, die Masse eines Körpers ist das Maß seiner Trägheit, hat denselben Sinn.“

Ferner kann man dort lesen: „Wenn aber die Masse eine bestimmte Eigenschaft jedes Körpers ist, so kann sie wie auch eine beliebige andere Eigenschaft weder ‚hängen‘ noch ‚liegen‘, noch ‚abfließen‘, man kann sie auch nicht berühren oder in die Tasche stecken. Man kann doch auch nicht die Weiße des Schnees oder Durchsichtigkeit des Wassers an einen Faden hängen!“

Zur Bestimmung des Gewichtes benutzt man Feder- oder Balkenwaagen. Die Maßeinheit des Gewichtes ist das Newton oder das Kilopond. Balkenwaagen benutzt man auch zur Bestimmung von Massen. Dabei wird die zu messende Masse mit einem Masseneta- lon verglichen.

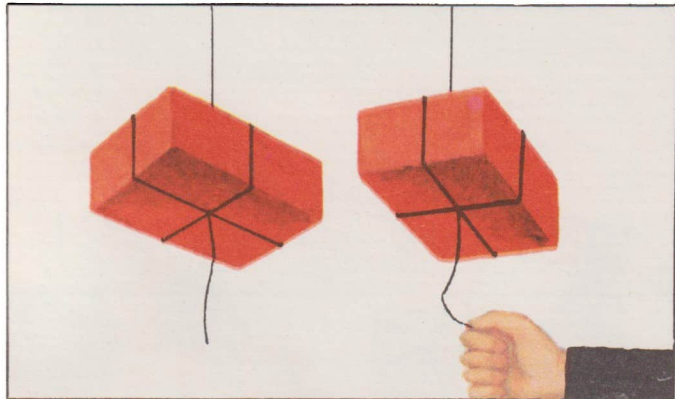
Stellen wir uns nun vor, wir befänden uns auf dem Mond und hätten von der Erde eine Tüte mit 6 kg Zucker mitgenommen. Wiegen wir nun die Tüte mit einer Federwaage, so werden wir feststellen, daß sie nur ... 1 kp Zucker enthält. Auf einer Balkenwaage

stellt aber ein 6-kg-Gewichtsstück das Gleichgewicht her, so daß kein Zucker verschwunden sein kann. Der Zucker hat nur an Gewicht verloren – er wurde leichter, weil der Mond kleiner als die Erde ist und daher eine sechsmal kleinere Anziehungskraft ausübt. Was aber die Eigenschaft der Zuckertüte, auf eine Beschleunigung zu reagieren, anbelangt, d. h. ihre Masse, so hat sie sich nicht geändert, sie ist genau dieselbe wie auf der Erde.

Das Gewicht kann abnehmen und sogar verschwinden (als die Zuckertüte zum Mond flog, hat sie überhaupt nichts gewogen), die Masse verschwindet aber nie.

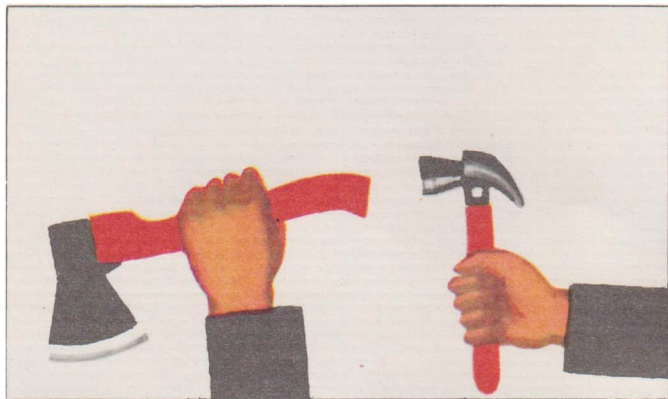
VERSUCHE ZUM TRÄGHEITSWIDERSTAND. Ihr habt euch nun sicherlich schon davon überzeugt, welche interessante Erscheinung die Trägheit ist. Alles Materielle in der Natur besitzt die Eigenschaft der Trägheit.

Stellen wir jetzt einige Versuche an. Verfolgen wir, wie die Körper mit einer bestimmten Beschleunigung auf eine angreifende Kraft reagieren.



Hängt an zwei Zwirnsfäden zwei Pappschachteln auf. Die eine Schachtel bleibt leer, die andere wird mit Sand gefüllt. Knotet nun unten an die Schachteln noch je einen Faden von demselben Garn. Zupft man kräftig an dem Faden der leeren Schachtel, so kann sowohl dieser Faden als auch derjenige, an dem die Schachtel hängt, durchreißen. Die leere Schachtel besitzt nur eine geringe Trägheit, und deshalb wirkt das Zupfen auf beide Fäden gleichermaßen. Bei der mit Sand gefüllten Schachtel ist das anders. Bei hinreichend scharfem Zupfen am unteren Faden reißt nur dieser. Die mit Sand gefüllte Schachtel besitzt nämlich einen großen Trägheitswiderstand, so daß sie nicht schnell genug den Kraftstoß an den oberen Faden überträgt und zuvor den unteren Faden reißt.

Mußtet ihr schon mal eine Beilklinge am Stiel befestigen? Das wird so gemacht: Den Stiel mit der leicht draufgesetzten Klinge hält man in der linken Hand, auf das andere Stielende schlägt man mit dem Hammer. Die Stahlklinge hat nämlich eine große Masse und somit einen größeren Trägheitswiderstand als der Holzstiel, so daß sie nur wenig auf die Stöße reagiert. Der Stiel geht des-

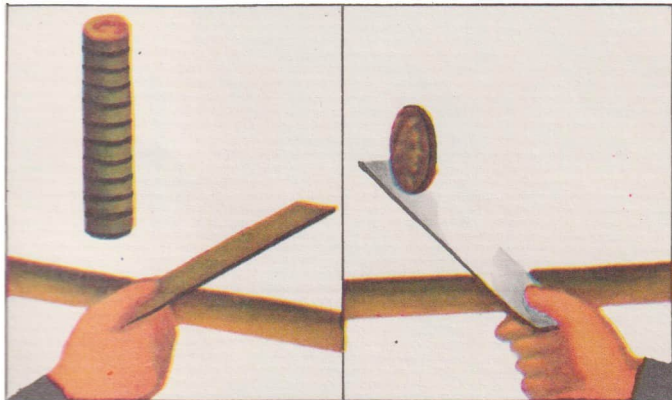


halb trotz der großen Reibung mit jedem Schlag weiter in die Klinge.

Für den nächsten Versuch werden die Steine vom Damespiel benötigt. Es lassen sich aber auch gleichgroße Münzen verwenden. Die Steine bzw. Münzen werden zu einer Säule aufeinandergelegt, die dann auf eine glatte Fläche zu stellen ist. Im Fall der Münzen ist eine große Münze (5-M-Stück) unterzulegen. Ferner wird für die Holzsteine ein Holzlineal und für die Münzen ein dünneres Stahllineal benötigt.

Mit einem flachen, schnellen Schlag kann man mit dem Lineal den unteren Stein bzw. die untere Münze herausschlagen, ohne daß sich die Säule von der Stelle bewegt. Das ist ein Effekt der Trägheit der Säule. Der Stein oder die Münze glitt unten so schnell heraus, daß er bzw. sie der Säule keine Geschwindigkeit erteilen konnte.

Das ist ein alter Versuch. Man hat sich schon am Ende des vorigen Jahrhunderts damit amüsiert. Hier ein weiterer alter Versuch, der allerdings erst nach einiger Übung richtig ausgeführt werden kann.

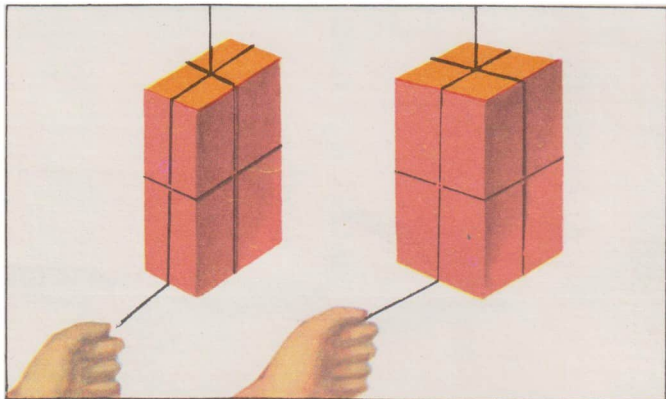


Legt über den Rand eines glatten Tisches einen 2–3 cm breiten Papierstreifen; das freie Ende soll herunterhängen. Auf das andere Ende stellt eine schwerere Münze, z. B. ein 5-M-Stück. Die Münze muß genau senkrecht stehen. Wird nun der Papierstreifen schnell herausgezogen, kann man es bei einiger Übung erreichen, daß sich die Münze nicht mal bewegt. Die Münze ist nämlich träge und ändert deshalb bei einer nur sehr kurz einwirkenden Kraft ihren Bewegungszustand so gut wie nicht. Zieht den Streifen verschieden scharf weg und beobachtet, wie sich dabei die Münze verhält.

VERSUCHE MIT DREI ZIEGELN. Die folgenden Versuche ähneln den Versuchen mit den zwei Schachteln.

Hängt an einem Bindfaden einen Ziegelstein auf und an einem zweiten Bindfaden zwei zusammengebundene Ziegelsteine.

Ihr habt zwei „physikalische Körper“ vor euch. Der eine ist doppelt so träge wie der andere. Gebt mit dem kleinen Finger erst dem einen und dann dem anderen Körper einen leichten Stoß. Da-



bei spürt ihr, daß es bei gleicher Anstrengung nicht möglich ist, die Körper gleich weit abzulenken.

Um sich davon besser überzeugen zu können, knüpfe man an die beiden Körper gleich starke Gummi. Zieht man nun nacheinander an den Gummis, dann sieht man, daß sich die Körper bei unterschiedlichen Dehnungen von der Stelle bewegen. Um die zwei Ziegelsteine von der Stelle zu bringen, ist der Gummi stärker zu dehnen, d. h., es muß eine größere Kraft angreifen.

Ihr werdet fragen, was daran so verwunderlich ist; es ist doch klar, daß zwei Ziegel schwerer sind als einer und deshalb auch schwerer zu bewegen sind. In Wirklichkeit spielt das Gewicht hier aber keine Rolle, sondern die größere Trägheit der zwei Ziegel. Um ihnen dieselbe Beschleunigung wie einem Ziegel zu erteilen, ist eine größere Kraft anzulegen.

Die aufgehängten Ziegelsteine gehen aber auch etwas nach oben, wenn sie bewegt werden. Die Gelehrten würden sagen, daß es sich dabei nicht um einen „reinen“ Versuch handelt. Wiederholen wir deshalb den Versuch in Gedanken in einer Orbitalstation, wo alles schwerelos ist. Hier schweben die Ziegelsteine in der Luft, genauso wie die Dinge, die man in einer Fernsehübertragung von Bord einer Orbitalstation zu sehen bekommt. Obwohl die Ziegel schwerelos sind, erweist es sich, daß man an die zwei Steine eine größere Kraft anlegen muß, um ihnen die gleiche Beschleunigung, wie dem einzelnen Ziegel, zu vermitteln. Gewicht gibt es nicht, die Masse ist aber nicht verschwunden, demzufolge bleibt auch die Trägheit erhalten.

PLANETEN „AN DER LEINE“. Die Erde hält durch ihre kräftige Gravitationsanziehung alles auf ihr Befindliche an sich fest. Nicht nur alle Lebewesen werden festgehalten, sondern auch alle Gegenstände, wie Steine, Sand, das Wasser der Meere, Ozeane, Flüsse und die Luftatmosphäre.

Isaac Newton entdeckte das universelle Gravitationsgesetz. Er bewies, daß Gravitationsanziehung nicht nur auf der Erde vor-

kommt, sondern auch in den Unweiten des Weltalls. Alle Himmelskörper – die Sonne, die Planeten mit ihren Monden, einzelne Sterne und Sternsysteme – ziehen sich gegenseitig an. Die Anziehungskraft hängt von den Ausmaßen der Himmelskörper und ihrem Abstand ab. Je kleiner der Abstand ist, desto größer ist die Anziehungskraft und umgekehrt.

Die einst von einer gewaltigen Naturkraft in Bewegung gesetzten Planeten, unsere näheren und fernerer Nachbarn im Sonnensystem, drehen sich auf unverändert bleibenden Bahnen um die Sonne.

Jeder weiß, daß ein an einem Seil herumgeschleuderter Stein von dem Seil auf einer Kreisbahn gehalten wird; der Stein kann sich nicht geradlinig bewegen. Wenn das Seil aber durchreißt oder losgelassen wird, bewirkt die Trägheit, daß der Stein entlang einer Geraden wegfliegt, die bis dahin beschriebene Kreisbahn tangiert.

Wie der Stein werden auch die Planeten bei ihrer Drehung „an der Leine“ gehalten. Aber nicht von einem Seil, sondern von der starken Anziehungskraft der Sonne. Die Umlaufgeschwindigkeiten der Planeten sind enorm, so daß die Sonne keine Planeten um sich hätte, wenn sie nicht in der Lage wäre, die Planetenbahnen zu Ellipsen zu krümmen.

Die Erde ihrerseits hält mit ihrem Gravitationsfeld den Mond in einer kreisförmigen Umlaufbahn.

Was passiert aber, wenn diese unsichtbaren „Gravitationsseile“ zwischen Erde und Mond, zwischen Sonne und Planeten durchgerissen werden, wenn man Gravitation wie einen Fernsehapparat, ein Radio oder eine Glühbirne „ausschalten“ könnte? – Eine Antwort darauf geben die folgenden Versuche.

AUSSCHALTEN DER ANZIEHUNGSKRAFT. Bevor wir zu dem eigentlichen Versuch kommen, stellen wir zwei Hilfsexperimente an. Das erste Experiment illustriert den Fall, wenn der Planet unbeweglich ist und nur der Sonnenanziehung unterliegt. Im zwei-

ten Experiment bewegt sich der Planet dann auf einer Umlaufbahn um die Sonne und ist der Anziehung unseres Gestirns unterworfen.

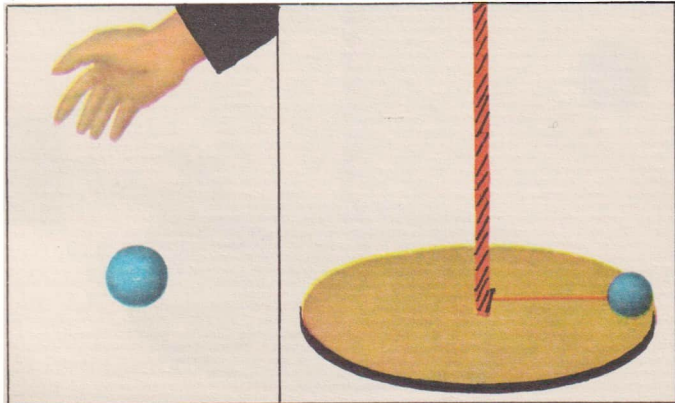
Der Hauptversuch schließlich besteht im plötzlichen Abschalten der Anziehungskraft, so daß nur noch die Trägheit wirkt.

Bei der Durchführung dieser Versuche werdet ihr euch davon überzeugen können, welche große Bedeutung in der Natur das harmonische Zusammenwirken von scheinbar entgegengesetzten Erscheinungen hat.

Das erste Experiment ist sehr einfach. Ein Ball, der in eurer Hand ruht, fällt auf den Boden, nachdem er losgelassen wurde. Der Ball spielt dabei die Rolle des unbeweglichen Planeten. Der Boden ist die Sonne. Die Erdanziehung, der der Ball unterliegt, spielt die Rolle der Sonnenanziehung. Ein unbeweglicher, nirgendwohin fliegender „Planet“ fällt also auf die „Sonne“.

Das zweite Experiment ist komplizierter. Zuerst ist nämlich ein Gerät zu bauen, das aber noch für andere Versuche dienen wird.

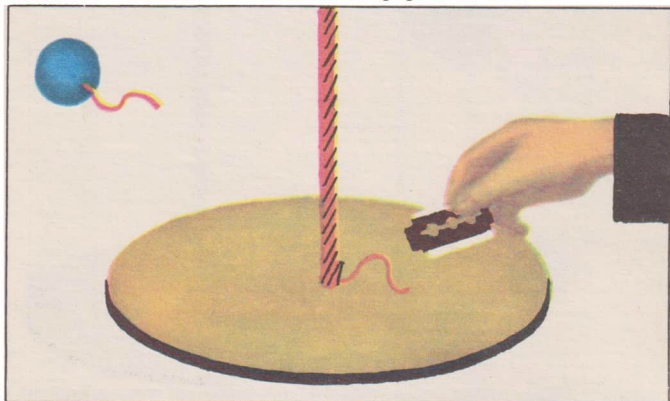
In der Mitte einer schweren Scheibe von 15–20 cm Durchmesser (z. B. eines Fußes einer alten Tischlampe oder alter Heizplatten



vom Herd) sind zwei Bindfäden von 1–1,5 m Länge zu befestigen. Die Scheibe soll an ihnen waagrecht hängen. Benutzt man Heizplatten, so befestigt man die Fäden am besten zuerst mit kleinen Nägeln an einer Sperrholzscheibe, unter die dann die Heizplatten geklemmt werden. Die Fäden müssen sich mit der Scheibe unbedingt mitdrehen.

In der Mitte der Holzscheibe schlage man einen Nagel ein und binde an ihn eine Schnur von der Länge des Scheibenradius und an diese eine kleine Kugel oder einen kleinen Stein. Dieser Gegenstand wird dann an den Rand gelegt und soll die Rolle des Planeten spielen. Im Scheibenzentrum befindet sich die Sonne, und die Schnur verkörpert die Sonnenanziehung. Die beiden Bindfäden können jetzt zusammengedreht werden. Läßt man dann die Scheibe los, hat man ein Modell für die Bewegung eines Planeten um die Sonne vor sich.

Der Hauptversuch besteht darin, mit einem schnellen, leichten Rasierklingenschnitt die Kugel bzw. den Stein abzuschneiden, nachdem die Scheibe gut in Schwung gekommen ist. Am besten



schneidet man die Schnur dicht an der Kugel bzw. dem Stein durch. Damit wird die Anziehung der Sonne plötzlich abgeschaltet. Der Planet fliegt wegen seiner Trägheit geradlinig in den „Welt-raum“ (irgendwohin in den Strauch oder ins Gras). Im Zimmer darf man diesen Versuch nicht durchführen, da leicht etwas zer- schlagen werden könnte.

Eine vereinfachte Variante dieses Versuches kann man beim Scherenschleifen beobachten. Die Funken fliegen längs der Tangente zum Schleifstein. Dabei handelt es sich um glühende Metallteil- chen. Sie werden nicht vom Schleifstein angezogen und können des- halb nicht die Umlaufbahn beschreiben, auf der sie entstehen. Sie bewegen sich geradlinig. Weil sich die Funken sehr schnell bewe- gen, sieht man sie nicht einzeln, sondern in Form von Leuchtspu- ren, ähnlich dem leuchtenden Schweif der Sternschuppen, die wir manchmal am Nachthimmel beobachten können.

EIN EXPERIMENT MIT DREI BÄLLEN. Eine auf irgendeinen Körper wirkende Kraft vergrößert seine Geschwindigkeit immer mehr, beschleunigt ihn. Die Beschleunigung hängt bekanntlich von der Masse des Körpers und der Größe der angreifenden Kraft ab. Je größer die Masse, d. h. die Trägheit, ist, desto größer muß auch die Kraft sein, um eine bestimmte Beschleunigung zu erreichen.

Beim Start eines Sputniks wird dieser mit einer Rakete auf die benötigte kosmische Geschwindigkeit beschleunigt (z. B. auf die erste kosmische Geschwindigkeit, 7,9 km/s, wenn sich der Sputnik auf einer Erdumlaufbahn bewegen soll). Nachdem die gewünschte Geschwindigkeit erreicht ist, werden die Raketentriebwerke aus- geschaltet, und der Sputnik bzw. das Raumschiff fliegt aufgrund seiner Trägheit gleichförmig weiter.

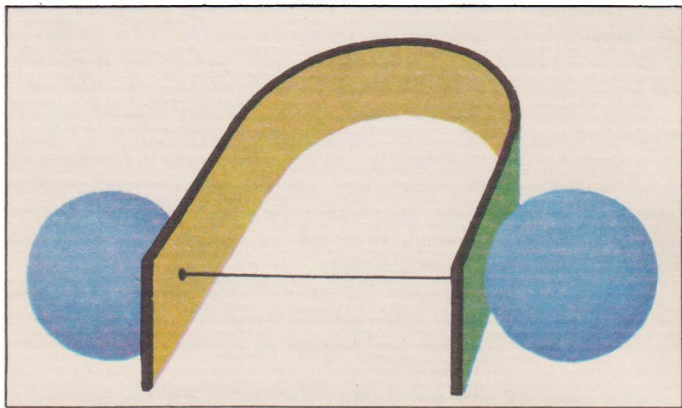
Eine Kraft kann auf einen Körper auch sehr kurzzeitig wirken, wie z. B. beim Stoß oder beim Schlag. Nach einer solchen kurzen Krafteinwirkung vollführt der Körper eine reine Trägheitsbewe- gung.

Derartige Versuche sollen jetzt beschrieben werden.

Benötigt werden drei kleinere gleichartige Gummibälle (von etwa 6 cm Durchmesser). In den einen Ball ist mit einem scharfen Messer ein Schlitz zu schneiden, der nicht länger als 1 cm sein soll, damit man dann mit Hilfe eines Trichters trockenen Sand in diesen Ball füllen kann. Der Schlitz ist dann mit Gummilösung wieder glatt zuzukleben.

Von einem Stück nicht sehr fester, aber genügend elastischer Pappe schneide man einen 40 cm langen und 4–5 cm breiten Streifen ab. Durchstoßt die Mitten der Enden mit einer Nadel, krümmt den Streifen zu einem Bogen, ohne daß ein Knick entsteht, und haltet die Enden mit einem in den Löchern festgebundenen Zwirnsfaden in dieser Lage. Dadurch ist ein gespannter Bogen entstanden, dessen Enden sich parallel gegenüberliegen sollen. Paßt dabei auf, daß der Bogen nicht überspannt wird und kein Riß entsteht.

Jetzt kommen wir zu den Versuchen. Legt auf glattem Fußboden dicht an die Enden des Pappbogens die zwei gleichen Bälle. Die Bälle müssen die Pappe berühren. Zündet nun ein Streichholz an und haltet es an den Zwirnsfaden. Er brennt augenblicklich



durch, wodurch sich der Bogen entspannt und die Bälle mit gleicher Kraft wegstößt. Die Kraft wirkt dabei nur für eine kurze Zeit. Die Bälle rollen in entgegengesetzte Richtungen weg und kommen in gleicher Entfernung vom Pappstreifen zur Ruhe.

Spannt den Bogen aufs Neue, indem ihr wie oben die Enden wieder mit einem Zwirnsfaden beieinander haltet. Legt die Pappfeder an die alte Stelle auf den Fußboden zurück. An einem Ende soll jetzt ein Ball vom vorigen Versuch und am anderen aber der mit Sand gefüllte liegen. Achtet wieder darauf, daß die beiden Bälle die Pappe auch gut berühren.

Führt an den Faden ein brennendes Streichholz. Der Pappbogen entspannt sich augenblicklich und stößt die Bälle in entgegengesetzte Richtungen fort. Man sieht, daß die Bälle jetzt nicht gleich weit wegrollen. Der sandgefüllte Ball hat eine wesentlich größere Masse und rollt deshalb nicht weit.

Geht bei diesen Versuchen sehr vorsichtig mit dem Feuer um. Man kann den Faden natürlich auch mit einer Schere durchschneiden. Dabei kann aber ein zusätzlicher Kraftstoß entstehen, der über den Pappstreifen auf die Bälle übertragen wird; das aber ist zu vermeiden.

VON DEN BÄLLEN ZUR RAKETE. Die eben beschriebenen Experimente illustrieren ein sehr wichtiges Naturgesetz. Auf ihm beruht der Start der künstlichen Erdsatelliten und Raumschiffe, sowie der Raketenflug. Das ist der Impulserhaltungssatz.

„Impuls“ ist ein Begriff der „Mechanik“, eines Gebietes der Physik. Es handelt sich dabei um einen mathematischen und sehr anschaulichen Ausdruck einer Schlußfolgerung aus dem Newtonschen Bewegungsgesetz.

Dieser Ausdruck sieht so aus: $m \cdot v$, wobei mit m die Masse eines Körpers bezeichnet wird und mit v seine Geschwindigkeit.

Im Experiment mit gleichen Bällen, d. h. gleichen Massen, rollten sie, angestoßen von gleichen Kräften, gleich weit. Multipliziert man die Massen der Bälle mit den Geschwindigkeiten, erhält man

gleiche Produkte. Nur die Bewegungsrichtungen der Bälle waren verschieden.

Im anderen Experiment waren die Massen verschieden. Die Produkte der Massen mit ihren Geschwindigkeiten stimmen aber überein. Der Ball mit der größeren Masse hat nämlich eine kleine Geschwindigkeit, während die Geschwindigkeit des Balls mit der kleinen Masse groß ist.

Wirken in einem abgeschlossenen System Kräfte – und das System der Pappfeder mit den zwei Bällen kann man als abgeschlossen ansehen, wenn von der Reibung am Fußboden und in der Luft abgesehen wird – gilt das Gesetz von der Erhaltung des Gesamtimpulses.

Eine startende Rakete stellt auch ein abgeschlossenes System dar. Sie bewegt sich aufgrund innerer Kräfte, d. h., sie wird nicht von außen gestoßen.

Vor dem Start ist ihr Impuls Null. Nachdem die Raketentriebwerke eingeschaltet werden, strömt aus der Düse mit hoher Geschwindigkeit heißes Gas – die Rakete hebt ab.

Wird nun die Gesamtmasse dieses Gases mit seiner Geschwindigkeit multipliziert, erhält man einen Impuls, der genau mit dem Produkt aus der Masse der fliegenden Rakete und ihrer Fluggeschwindigkeit übereinstimmt. Nur die Richtungen der beiden Impulse sind verschieden: Das heiße Gas fliegt zur Erde, die Rakete von der Erde weg.



EIN FLOSS MIT RÜCKSTOSSANTRIEB. Beginnen wir gleich mit einem Versuch, der uns von der Rückstoßbewegung eine gute Vorstellung gibt. Der Versuch ist recht einfach, verlangt aber einige Vorbereitung.

Sägt aus einem 1,5 cm starken Holzbrett eine 5 cm × 10 cm große Platte. Sie wird dann als kleines Floß verwendet werden. In die Mitte einer Schmalseite ist mit wasserfestem Klebstoff die Hälfte eines längs durchgeschnittenen Flaschenkorkens anzukleben. Die Korkenhälfte soll etwa 3,5 cm lang sein, so daß sie etwa 2 cm über den Rand ragt. Dann macht euch zwei 0,5 cm × 10 cm große Pappstreifen und klebt sie mit einem Abstand von etwa 5 mm in die Mitte auf das Floß.

Versuche zur Rückstoßbewegung

Krümmt nun eine Rasierklinge soweit wie möglich (man soll mehrere Rasierklingen bei sich haben, da sie leicht kaputtgehen) und haltet sie in dieser Lage mit einem an den Enden festgeknoteten Zwirnsfaden. Das ganze Vorgehen ähnelt dem Versuch mit dem Pappbogen. Die gespannte Rasierklinge wird uns hier wieder als Feder dienen. Legt sie mit den Enden nach oben in die von der angeklebten Korkenhälfte gebildete Ecke und bindet ein Ende der Rasierklinge vermittels eines Stückes dünnen Drahtes am Korken fest.

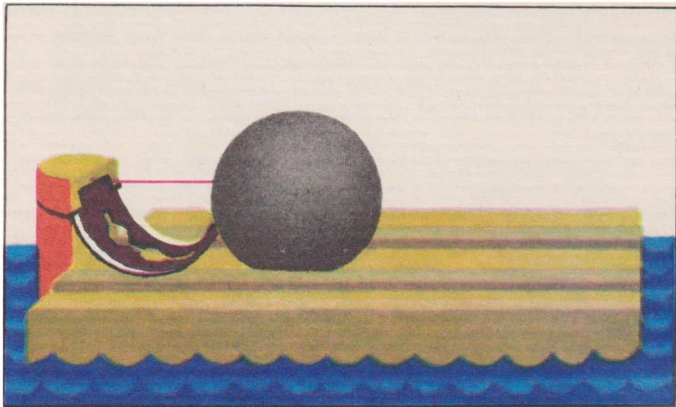
Es wird nun noch ein Holz- oder Plastikball von etwa 3 cm Durchmesser benötigt. Er soll nicht schwerer als 10 g sein. Ein hölzerner Ball hat den Vorteil, daß er nicht untergeht, so daß man ihn im Teich oder See leichter wiederfindet. Wenn der Versuch in einer Schüssel oder in der Badewanne ausgeführt wird, ist das aber nicht wesentlich. Hauptsache, daß das Wasser unbewegt ist, daß es keine Wellen, Strömung oder Wind gibt.

Setzt das Floß mit der gespannten Feder aufs Wasser. Vor die Rasierklinge wird auf die Pappstreifenbahn der Ball gelegt. Das Ende der Rasierklinge soll die Mitte des Balls berühren, kann aber

auch etwas höher liegen. Nachdem das Floß zur Ruhe gekommen ist, bringt an den die Rasierklinge spannenden Faden ein brennendes Streichholz. Paßt dabei auf, daß ihr weder den Faden noch die Rasierklinge berührt. Der Faden brennt durch, die Rasierklinge stößt den Ball weg, so daß er vom Floß ins Wasser fliegt. Das Floß schwimmt dabei in die entgegengesetzte Richtung weg. Geht bei der Durchführung dieses Versuchs mit Rasierklinge sehr vorsichtig um!

Mit einem ähnlichen Versuch habt ihr euch schon bekanntgemacht, als die gespannte Pappfeder zwei Bälle auseinandertrieb. Im jetzigen Versuch ging dasselbe vor sich – an die Stelle des einen Balles ist nur das Floß getreten. In beiden Fällen handelt es sich um Rückstoßbewegungen.

Das Herunterstoßen des Balles vom Floß läßt sich mit dem Ausstoß der heißen Verbrennungsgase aus einer Raketendüse vergleichen. Die sich entspannende Feder drückte auf den Ball und gleichzeitig auf die Wand der „Verbrennungskammer“ – den Korken, an den sie angebunden ist. Der Ball flog aber unter dem Druck der Feder von unserer schwimmenden „Rakete“, wobei der



Druck auf die gegenüberliegende Wand der „Verbrennungskammer“ diese zwang, sich in die entgegengesetzte Richtung zu bewegen.

Beim Start einer Rakete verbrennt in recht kurzer Zeit fast der gesamte Treibstoff. Die Verbrennungsgase strömen unter hohem Druck mit einer sehr großen Geschwindigkeit aus einer schmalen sich allmählich erweiternden Öffnung, der Düse. Die Rakete wird dabei so lange beschleunigt, bis sie die erforderliche Geschwindigkeit erreicht. Sie fliegt in die der Strömungsrichtung der Verbrennungsgase entgegengesetzte Richtung.

Die Raketentriebwerke können auch im luftleeren Raum arbeiten, denn den zur Verbrennung des Treibstoffes nötigen Sauerstoff führt die Rakete mit sich. Die Rakete fliegt allein aufgrund der Rückstoßkraft, sie stößt sich nicht von der umgebenden Luft ab.

Einen Rückstoß erfährt auch ein Gewehrschütze oder eine Kanone beim Schuß. Das Geschöß fliegt in die eine Richtung, der Rückstoß wirkt auf das Gewehr bzw. die Kanone in die entgegengesetzte Richtung. Ein Geschöß besitzt aber eine wesentlich kleinere Masse als das Gewehr bzw. die Kanone. *Erinnert euch an den Versuch mit den Bällen unterschiedlicher Masse. Welcher Ball ist weiter gerollt?—Natürlich der mit der kleineren Masse.*

MIT EINEM SPIELZEUG FING ES AN. Die Rückstoßbewegung, die heute in der Luftfahrt und bei Flügen in den Weltraum eine große Rolle spielt, war schon (wie sonderbar das auch scheint) im Altertum bekannt.

Man verstand sie aber damals nur in Spielzeugen anzuwenden. Es blieb die Beschreibung eines Dampfrotors erhalten, der sich aufgrund austretender Dampfstrahlen drehte. Er war sehr einfach gebaut. Ein kugelförmiger Kessel wurde mit Wasser gefüllt, darunter Feuer gemacht: Bald strömte aus zwei umgeknickten Röhrchen je ein kräftiger Dampfstrahl. Der Kessel wurde an zwei gegenüberliegenden Punkten drehbar festgehalten. An den Knickstellen der Röhrchen entstanden Rückstoßkräfte, die den Kessel schnell dreh-

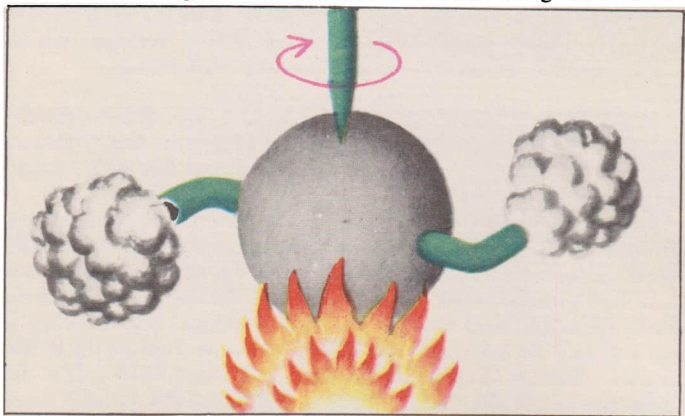
ten. Damals konnte sich aber niemand vorstellen, daß die Rückstoßbewegung es schließlich ermöglicht, Raumsonden und -schiffe zum Mond, zum Mars, zum Jupiter, zur Venus, zum Merkur und zu den anderen Planeten des Sonnensystems zu schicken.

Das beschriebene Spielzeug stellt die erste Anwendung der Rückstoßbewegung durch den Menschen dar. Es erfand der Grieche Heron von Alexandria (1. Jh. u.Z.)

1750 baute der Ungar J. Segner ein Gerät, das auf der Rückstoßwirkung ausfließender Wasserstrahlen beruht. Es wurde Segnersches Reaktionsrad genannt und wird zuweilen im Physikunterricht vorgeführt.

Nachdem das Pulver erfunden war, entstanden auch die ersten frei aufsteigenden Raketen. Bereits im 13. Jh. dienten sie in China, wo sie zuerst benutzt wurden, Kriegszwecken. Später begann man solche Raketen zur Signalisation und für Feuerwerke zu verwenden.

Danach entstanden die ersten Ideen zum Bau großer Raketen für bemannte Flüge. Das für seine revolutionäre Tätigkeit zum To-



de verurteilte Mitglied des Geheimbundes „Narodnaja Wolja“ („Volkswille“), Nikolai Nikolajewitsch Kibaltschitsch hat einige Tage vor seinem Tod, im Gefängnis, das Projekt eines bemannten Raumschiffes entworfen. Eine durchaus wissenschaftliche Begründung bemannter Weltraumflüge erarbeitete Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski. Er begründete die Wissenschaft von den Flügen zu anderen Planeten, projektierte dazu nötige Raumschiffe, schlug Treibstoffe vor und berechnete Fluggeschwindigkeiten und -bahnen.

Heute hat sich die Raketentechnik stark entwickelt. Die progressive Menschheit fordert, daß sie nur wissenschaftlichen Zwecken dient, zum Wohle des Menschen. Es muß erreicht werden, daß eine militärische Anwendung für immer ausgeschlossen ist.

Heute untersuchen Hunderte von künstlichen Erdsatelliten intensiv den erdnahen kosmischen Raum, sie dienen als Relaisstationen für Fernsehen, Telefon und Telegrafie, warnen vor Wetteränderungen und sich nähernden Wirbelstürmen. Auch zum Mond und den Nachbarplaneten sind zahlreiche Raumschiffe und -sonden geflogen, was zu wertvollen wissenschaftlichen Informationen geführt hat.

Das Rückstoßprinzip findet aber nicht nur kosmische Anwendungen. Auch die Düsenflugzeuge beruhen auf ihm. Düsenflugzeuge sind rentabler, schneller und zuverlässiger.

Hätte von all dem Heron von Alexandria träumen können, als er an seinen Dampftrotor dachte? Wohl genauso wenig wie der Physiker Segner, der seinem berühmten „Rad“ und der ihm zugrunde liegenden Rückstoßbewegung keine große Bedeutung beimaß.

VERSUCHE MIT RÜCKSTOSSSPIRALEN. In diesen Versuchen wollen wir die historischen Entdeckungen von Heron von Alexandria und J. Segner nacherleben.

Zuerst basteln wir uns eine sich drehende Kugel. Allerdings wird unsere Kugel nicht von Dampf angetrieben werden, sondern von Luft; das Prinzip wird aber dasselbe sein.

Benötigt werden ein Tischtennisball und einige leere Kugelschreibermienen, von denen die metallischen Spitzen abgeschnitten werden. Die Plastikröhrchen lassen sich mit Hilfe eines dünnen Drahtes und etwas Watte mit Eau de Cologne reinigen. Zwei Röhrchen sind auf 8 cm zu verkürzen und zu einem möglichst scharfen Bogen zu biegen. Haltet die Enden mit einem Zwirnsfaden in dieser Lage, damit sich die Röhrchen an die Krümmung „gewöhnen“.

In den Ball macht drei kleine Löcher, die so groß sein sollen, daß die Mienen fest in ihnen sitzen. Zwei Löcher sollen diametral zueinander liegen, das dritte Loch in der Mitte darüber. In dieses mittlere Loch ist das lange Röhrchen zu setzen; die Durchstoßstelle läßt sich mit etwas Knete abdichten. In die seitlichen Löcher werden die gekrümmten Röhrchen gesetzt. Sie können ruhig weiter in den Ball hineinragen. Wichtig ist nur, daß die Röhrchen in der Ebene gekrümmt sind, zu der die lange Miene senkrecht steht, und ihre Enden in entgegengesetzte Richtungen zeigen. Die Durchstoßstellen können wieder mit Knete abgedichtet werden.

Schneidet euch einen 5–6 cm breiten Papierstreifen aus und dreht ihn zu einem Röhrchen zusammen, das dann auf die gerade Miene zu setzen ist. Setzt nun das Ganze auf eine glatte Fläche und haltet es am Papierröhrchen fest. Blast in die lange Miene. Der Ball wird sich schnell drehen. Das Papierröhrchen dient dabei genau wie die Tischfläche als Lager.

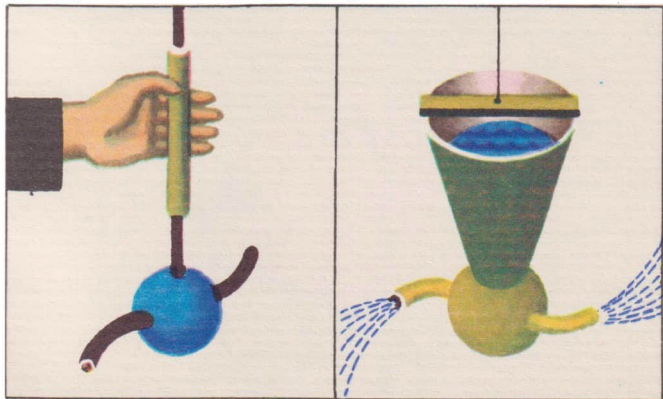
Der Ball dreht sich schnell in die den Röhrchenenden entgegengesetzte Richtung.

Das Gerät läßt sich vervollkommen. Die lange Kugelschreibermiene wird durch den Ball ganz durchgesteckt (durch seinen „Südpol“) und am unteren kurzen Ende mit der früher entfernten metallischen Mienenspitze verschlossen. In den im Ball befindlichen Abschnitt der Miene sind mit einer Nadel einige Löcher zu stechen, durch die dann die hereinzublasende Luft strömt. Das Ganze läßt sich auf einem kleinen Untersetzer befestigen. Die Spitze lagert drehbar in einer Vertiefung im Untersetzer, oben wird das Röhr-

chen von einer Drahtschlinge gehalten. Das Gerät wird sich dann stabiler drehen.

Ein anderes historisches Gerät, nämlich das Segnersche Reaktionsrad, kann man sich wie folgt herstellen. Aus festem Papier wird ein Kegel geklebt, in dessen Öffnung man einen Holzbügel einsetzen kann, an dem der Kegel dann aufgehängt wird. Um den Kegel wasserundurchlässig zu machen, streiche man ihn zuerst mit Firnis und dann mit Ölfarbe an; nachdem die Ölfarbe getrocknet ist, lackiere man noch den Kegel. Auf die Kegelspitze, in die ein kleines Loch zu machen ist, wird ein Tischtennisball mit eingesetzten gekrümmten Röhrchen (siehe oben) gesetzt. Dazu ist natürlich oben in den Ball ein größeres Loch zu bohren. Die Durchstoßstelle läßt sich mit Alleskleber gut abdichten. Damit der Ball fester am Kegel hält, kann man über die Durchstoßstelle schmale Papierstreifen kleben.

Man kann sie so dicht nebeneinander kleben, daß sie sich gegenseitig überlappen. Darüber hinaus ist ein Umwickeln der Verbindungsstelle mit Zwirnsfaden möglich, denn diese Verbindung ist

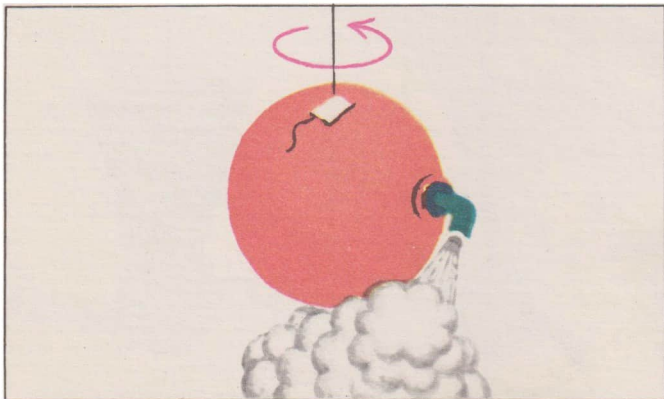


dadurch dichter. Nachdem alles fertig ist, gießt Wasser in den Kegel und gebt ihm einen leichten Drall entgegengesetzt der Richtung des unten aus den Röhren fließenden Wassers.

Gießt zuerst nicht allzuviel Wasser in den Kegel. Es kann nämlich sonst den Ball so stark belasten, daß er abreißt. Um dem vorzubeugen, könnte man den Ball noch zusätzlich mit einer Schnur um das gesamte Gefäß am Kegel halten.

Segnersche Reaktionsräder sind kein Spielzeug mehr, sie werden heute auch praktisch verwendet, und zwar in Berieselungsanlagen. Das ausströmende Wasser dreht dabei einen Zerstäuberkopf. Eine solche Anlage läßt sich vom Gärtner leicht umsetzen.

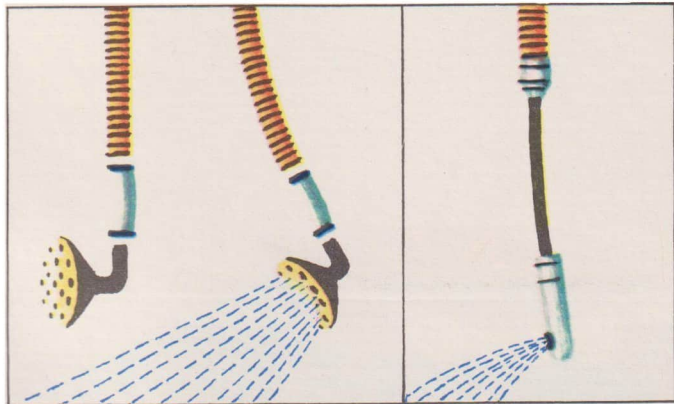
EIN RÜCKSTOSSGETRIEBENER LUFTBALLON. Hier ein letztes Experiment zur Drehung durch Rückstoßantrieb. Ein Luftballon wird stark aufgeblasen. Bevor er aber fest zugebunden wird, setzt in die Öffnung ein umgebogenes feines Röhren, z. B. eine umgebogene leere Kugelschreibermine, dessen eines Ende zuvor zugeschmolzen wurde.



Auf den Luftballon klebt an die Seite mit Heftpflaster einen Faden an, und zwar so, daß das Röhrchen in der Horizontalen gekrümmt ist, nachdem der Ballon am Faden aufgehängt wurde. Bringt den Ballon zur Ruhe und schneidet nun das zugeschmolzene Ende vom Röhrchen mit einer Schere ab. Dadurch strömt Luft aus dem ruhig hängenden Luftballon, so daß er in Drehung kommt.

Man braucht den Luftballon nicht unbedingt aufzuhängen; man kann ihn auch auf eine kleinere Schüssel mit Wasser legen. Es wird sich auf dem Wasser schnell drehen. Die Schüssel soll jedoch kleiner als der Ballondurchmesser sein.

RÜCKSTOSSKRÄFTE EINER DUSCHE. Mit einer Handdusche läßt sich ein interessanter Versuch anstellen. Nehmt den Schlauch in der Mitte in die Hand und haltet ihn nach oben, so daß die Dusche über der Badewanne senkrecht nach unten hängt. Wird nun der Hahn aufgedreht, neigt sich die Dusche nach hinten. An der Stelle, an der die Dusche das Wasser umlenkt, entsteht nämlich ei-

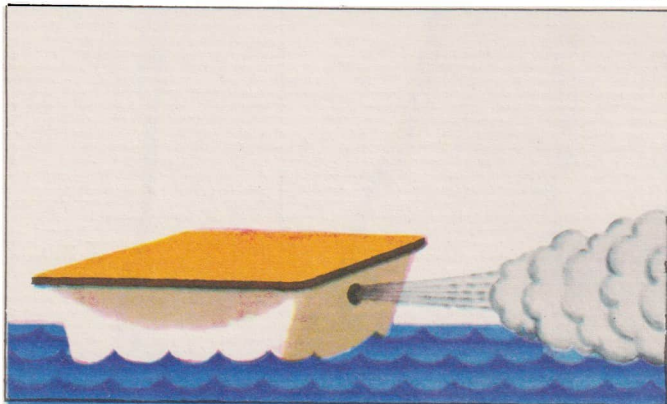


ne Rückstoßkraft, die der Ausströmrichtung entgegengesetzt ist und die Dusche von der Vertikalen ablenkt.

Wer nicht über eine Handdusche verfügt, kann einen derartigen Versuch wie folgt durchführen.

In eine dickere leere Kugelschreibermiene wird das Ende eines dünnen Gummischlauches (z. B. Ventilgummi) gesetzt. Über dem metallischen Ende der Miene ist in das Röhrchen ein kleines Loch zu bohren. Wird nun in den Schlauch Wasser gelassen, dringt aus dem Löchlein ein Wasserstrahl. Er übt dabei auf die dem Löchlein gegenüberliegende Wand eine Rückstoßkraft aus und lenkt damit den Schlauch und die Miene aus der vertikalen Lage aus. Das heißt, es passiert dasselbe wie bei der Dusche. Der ausfließende Wasserstrahl übt eine Rückstoßwirkung aus.

Auch ohne Wasserleitung läßt sich ein guter Wasserdruck erreichen. Nehmt einen längeren Schlauch und stellt eine Schüssel mit Wasser an einen möglichst hoch gelegenen Ort. Das freie Ende des Schlauches ist in die Schüssel zu legen. Am anderen Ende wird mit dem Mund Wasser angesaugt. Wenn das Wasser einmal fließt, hört



es so lange nicht auf zu fließen, wie das obere Schlauchende unter Wasser bleibt. Eine derartige Vorrichtung wird Siphon genannt.

EIN RAKETENBOOT. Das ist kein Raumschiff, sondern ein Wasserspielzeug. Dieses Boot fährt mit einem ganz ungewöhnlichen „Treibstoff“ (oder schöpft seine Bewegungsfähigkeit aus einer eigenartigen Quelle) – mit Kohlendioxid.

Benötigt wird eine Plastiksachtel, die mit einem Deckel fest verschlossen wird. Damit der Deckel die Schachtel möglichst luftdicht verschließt, kann man auf den Schachtelrand eine dünne Schicht Knete auftragen. In die Schachtel gegossenes Wasser soll nicht ausfließen können, nachdem die Schachtel verschlossen und umgedreht wurde.

Dicht unter dem Deckel mache man mit einem erwärmten Nagel ein Loch in die Schachtel.

Zur Versuchsausführung sind einige Stücken Trockeneis erforderlich. Sie werden gleichmäßig auf einen kleinen Metallteller gelegt, der dann in die Schachtel gestellt wird. Die Stückchen werden nun mit kochendem Wasser übergossen, wonach die Schachtel schnell verschlossen und in eine Schüssel mit Wasser gesetzt wird. Das stürmisch verdampfende Kohlendioxid dringt aus dem Loch nach außen, wobei es die Schachtel in die entgegengesetzte Richtung wegdrückt.

Simuliert den Versuch zuerst mit Kreidestücken, bevor ihr die Trockeneisstückchen verwendet, um zu erfahren, wieviel kochendes Wasser in die Schachtel gegossen werden kann. Im Wasser soll die Schachtel keine Schlagseite haben, und die Öffnung muß über Wasser liegen.

EIN BOOT MIT IMPULSANTRIEB. Ihr wißt sicherlich, daß eine Rakete, die unsere Erde verläßt, etappenweise beschleunigt wird. Sie besteht aus mehreren Raketenstufen, die nacheinander ausbrennen, und nachdem das geschehen ist, abgeworfen werden. Dadurch wird die zu beschleunigende Masse verringert und eine höhere End-

geschwindigkeit erreicht. Eine solche allmähliche Erhöhung der Geschwindigkeit ist erforderlich, um die Gesundheit der Kosmonauten und ein Funktionieren aller Bordgeräte zu gewährleisten. Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Zunahme der Beschleunigung über eine beträchtliche Strecke erfolgt, das Raumschiff also nicht sofort die gesamte Beschleunigung erteilt bekommt.

Die Helden des Romans von Jules Verne „Von der Erde zum Mond“ wurden nicht von einer Rakete, sondern einer riesigen Kanone auf eine Geschwindigkeit von 16 km/s beschleunigt, und das auf einer Strecke von nur 210 m Länge. Der berühmte Autor vieler populärwissenschaftlicher Bücher J. I. Perelman hat ausgerechnet, daß eine Geschwindigkeitserhöhung von 0 auf 16 km/h auf einer solchen Strecke reinem Selbstmord gliche. Den Autoren utopischer Romane sehen wir natürlich vieles nach, denn ohne bestimmte Annahmen, Bedingungen usw. könnte keine „Science-fiction“ existieren. Trotzdem hat schon seit mehreren Jahren die Wirklichkeit die Utopie übertroffen. Die Helden von Jules Vernes Roman umflogen nämlich nur den Mond, wogegen der Mensch in Wirklichkeit den Mond schon betreten hat. Dabei haben sie keine Kanone benutzt, auch kein Geschöß, sondern eine Rakete, welche erfolgreich sowohl von der Erde, als auch vom Mond startete.

Früher gab es ein interessantes Spielzeug – ein Boot mit Impulsantrieb, welches sich stoßweise vorwärts bewegte. Die Stöße folgten aufeinander, und das Boot fuhr immer schneller so lange, bis die Antriebskraft mit dem Wasserwiderstand im Gleichgewicht war. Dann fuhr das Boot mit gleichbleibender Geschwindigkeit.

Wie wurde das Boot bewegt? Das Boot war aus Metall und hatte eine Länge von 12–15 cm. Im Heck befand sich ein kleiner Dampfkessel aus Messing. Von ihm führte ein Messingröhrchen durch das Heck ins Wasser. Bevor das Boot ins Wasser gesetzt wurde, füllte man mit einer Pipette den Kessel mit Wasser, welches durch das Messingröhrchen in diesen floß. Unter den Kessel wurde mit Spiritus getränkte Watte gelegt und angezündet. Das Wasser im Kessel kam schnell zum Kochen. Der sich plötzlich bildende

Dampf drückte das verbliebene Wasser in Kessel und Röhrchen nach außen, wodurch das Boot vorwärtsgestoßen wurde. Dabei bildete sich aber im Kessel ein Vakuum, das wieder Wasser in den Kessel saugte. Es kam wieder schnell zum Kochen, und es erfolgte der zweite Schubs. Das wiederholte sich, solange das Feuer brannte.

Dieses unterhaltsame Spielzeug erinnert an eine Mehrstufenrakete. Gäbe es keinen Wasserwiderstand, so würde sich das Boot bald sehr schnell bewegen.

Ihr könnt euch ein vereinfachtes Modell eines derartigen Bootes bauen.

Benötigt wird eine dickere leere Kugelschreibermine aus Metall, von der das Ende mit der Kugel und der kleine Plastikdeckel am anderen Ende abzuziehen sind, und die dann mit Watte und Kölnischwasser zu reinigen ist. Schneidet von dem sauberen Tintenbehälter ein 3 cm langes Ende ab. Drückt mit einer Flachzange das dicke Ende des verbliebenen Tintenbehälters zusammen und knickt einen etwa 3 mm breiten Streifen am Ende zweimal scharf mit der Zange um.



Im Ergebnis entsteht ein 5 cm langes Röhrchen, dessen dickes Ende verschlossen ist, und das eine dünnere Spitze von etwa 1,8 cm Länge hat.

Nimmt nun einen Blechdeckel, z. B. den einer Kaffeedose. Biegt den Rand an einer Stelle etwas auf und schlägt ein Loch hinein, das so groß ist, daß das dünnere Ende des ehemaligen Tintenbehälters fest in ihm zu sitzen kommt. Wenn es nicht fest genug sitzt, befestige man es in der geneigten Lage mit einem dünnen Draht.

Wenn der Deckel auf dem Wasser schwimmt, muß das dünne Ende des Röhrchens unter Wasser sein. Nun ist in den „Kessel“ Wasser zu gießen und mit Spiritus getränkte Watte unterzulegen.

Das Wasser wird folgendermaßen eingefüllt: Eine Pipette voll Wasser ist in das dünne Ende zu setzen und mit einem Mal kräftig zu entleeren. Man kann aber auch den Kessel mit einem brennenden Streichholz gut erwärmen und dann ins Wasser setzen; die warme Luft im Kessel kühlt dabei ab, und es wird Wasser angesaugt.

Für unsere „Seefahrt“ kann man eine Schüssel oder die Badewanne benutzen.

Nach einer gewissen Zeit beginnt das Wasser im „Kessel“ zu kochen, und das Boot bewegt sich.

Es wird sich auf einer Kreisbahn bewegen, weil das vom Dekkelrand ins Wasser ragende Röhrchen die Rolle eines Steuerruders spielt. Außerdem befindet sich das Röhrchen bestimmt nicht auf der Mittellinie. Das alles reicht, um die Deckel in eine Kreisbewegung zu versetzen. Das Wasser wird nicht sehr schnell hintereinander ausgestoßen, aber doch hinreichend oft, um das „Boot“ in Bewegung zu halten. Es wird sich so lange bewegen, wie das Feuer brennt.

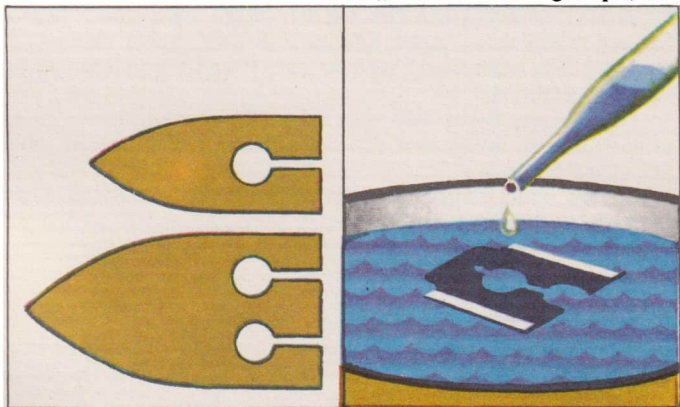
EINE STEUERBARE MIKORAKETE. Es wird sich um kleine, man kann sogar sagen, um Mikromodelle der Raumschiffe handeln, die sich auf dem Wasser fortbewegen. Ihre Bewegung beruht auf dem Rückstoßprinzip.

Schneidet aus festem Papier eine Rakete aus. Auf der einen Seite ist sie spitz, auf der anderen Seite, dem Schwanz, ist ein kleiner Kanal auszuschneiden, der in eine runde „Brennkammer“ übergeht. Ihr Durchmesser soll doppelt so groß sein, wie der Kanal breit ist. Die Ecken des Kanals schneide man ab, damit eine sich nach außen erweiternde Düse entsteht. Die Rakete ist damit fertig; legt sie aufs Wasser.

Mit einer Pipette saugt Seifenwasser an (das vorher auf einer Untertasse wie für Seifenblasen vorbereitet wurde) und gibt in die „Brennkammer“ einen Tropfen. Das Seifenwasser ist bestrebt, auf dem sauberen Wasser schnell zu zerfließen, so daß es aus dem Kanal und der Düse abfließt und dabei gleichzeitig auf die gegenüberliegende Wand der „Brennkammer“ drückt – die Rakete bewegt sich vorwärts.

Schneidet nun eine steuerbare Mikrorakete aus. Sie ist so breit, daß hinten zwei „Brennkammern“ Platz haben, die je über einen Kanal mit je einer Düse in Verbindung stehen.

Wird Seifenwasser in die rechte „Brennkammer“ getropft, be-



wegt sich die Rakete entlang einer Kurve nach links. Wird es in die linke Kammer getropft, bewegt sie sich nach rechts. Tropft man gleichzeitig aus zwei Pipetten in beide Kammern, bewegt sich die Rakete nach vorne.

Leider bedeckt sich das Wasser allmählich mit einer Seifenschicht, und die Rakete reagiert nicht mehr auf neue Seifenwassertropfen. Dann ist die Seifenwasserschicht abzugießen oder einfach das Wasser zu wechseln.

Mikroraketen kann man auch aus einer Rasierklinge herstellen; sie sind dann aus Metall. Eine Rasierklinge ist lediglich in der Mitte quer durchzubrechen. Dazu legt man sie auf eine ebene Fläche, drückt eine Hälfte mit einem Messer fest an und biegt die andere Hälfte—die man zum Schutz mit einem Stück Papier anfäbt—so weit um, daß sie abbricht. Wenn die Hälften vorsichtig aufs Wasser gelegt werden, schwimmen sie.

Tropft man nun in den Schlitz Seifenwasser, bewegt sich die Klingenhälfte vorwärts.

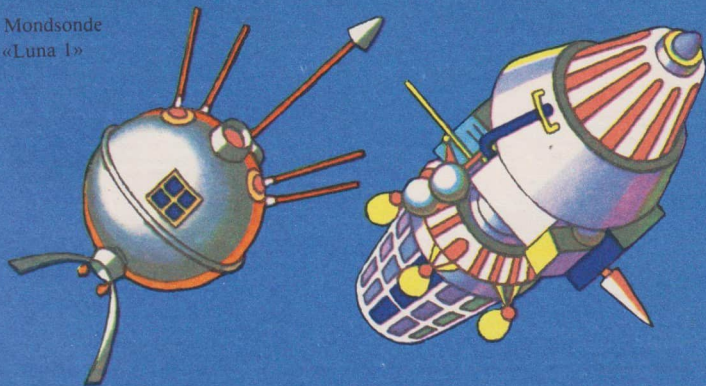
EINE HYDROPNEUMATISCHE RAKETE. Diese von J. Moralewitsch konstruierte Rakete erfreute sich einst großer Beliebtheit. Sie ist einfach konstruiert, hat sehr gute Flugeigenschaften und ist völlig ungefährlich.

Die Rakete, deren Bau jetzt beschrieben wird, kann 20–25 m hoch fliegen. Wenn man sich beim Bau anstrengt, werden viele Starts möglich sein.

Welche Baumaterialien werden nun benötigt? Bringt alles zusammen, damit ihr es bei der Hand habt.

1. Einige alte Perlonstrümpfe.
2. Eine leere Zwirnsfadenrolle.
3. Drei Nuckel
4. Einige 1–1,5 mm starke Sperrholzstücken.
5. Wasserfester Klebstoff. Diesen kann man selbst herstellen, indem man in Azeton Stücken von Zelluloidspielzeug, Kämmen und gesäuberter und getrockneter Filme auflöst.

Mondsonde
«Luna 1»

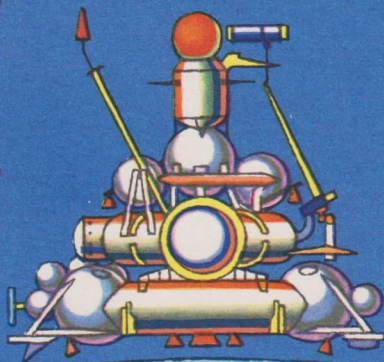


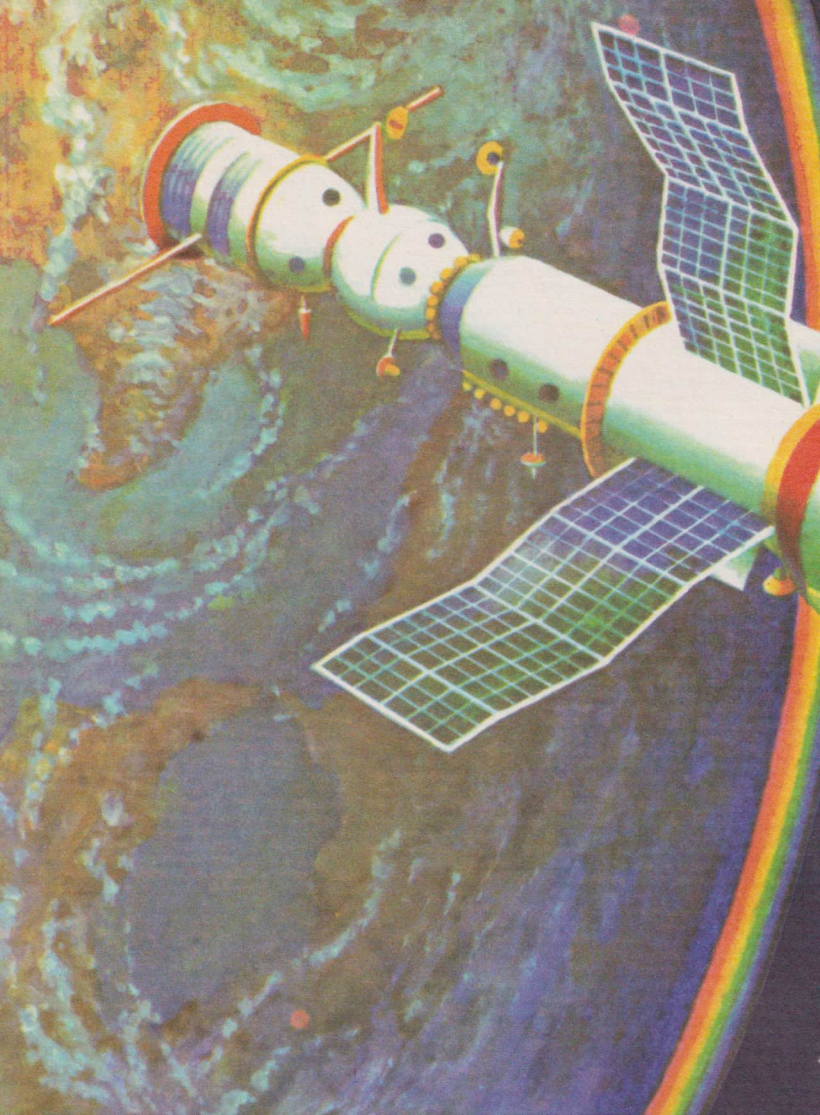
Mondsonden «Luna 2», «Luna 9» and
«Luna 24» brachten diese Wimpel zum
Mond.



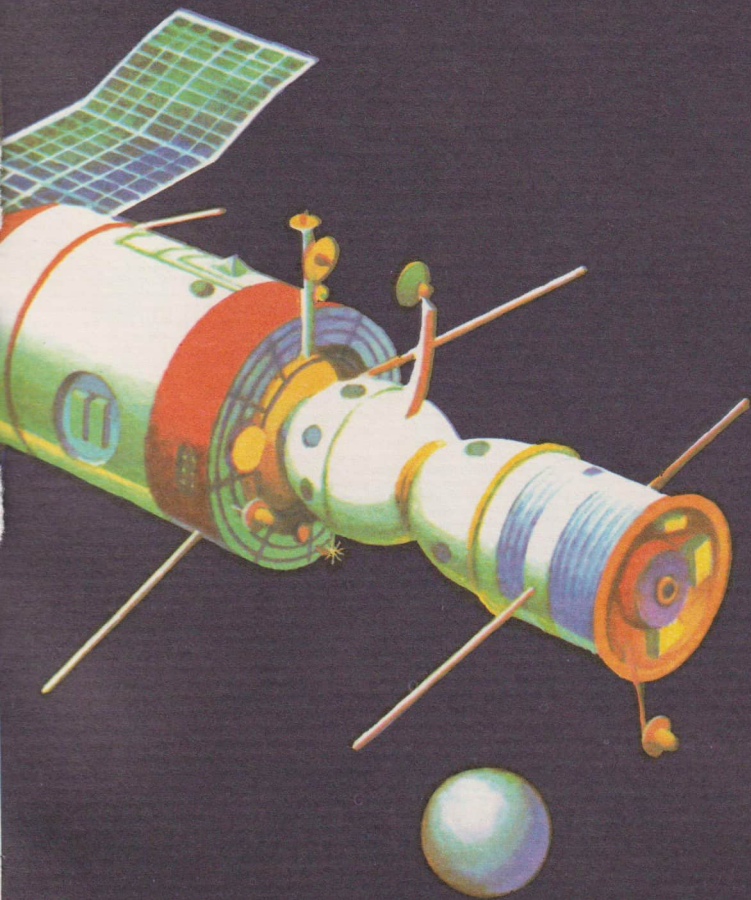
Mondsonde «Luna 16» brachte erste
Mondproben auf die
Erde.

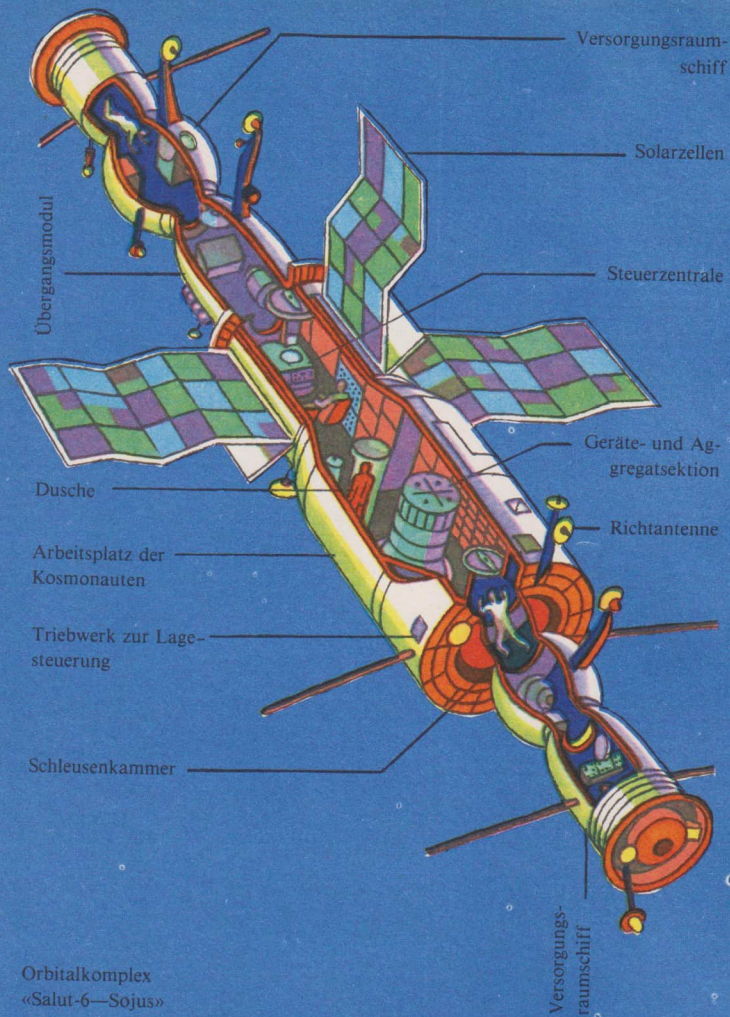
Automatische
Mondsonde «Luna 12» -
künstlicher Satellit
des Mondes.





Orbitalkomplex «Sojus —
Saljut — Progress»





Orbitalkomplex
«Salut-6—Sojus»

6. Eine Fußballuftpumpe.

Außer diesen Grundmaterialien muß man sich einen etwas dickeren Holzzylinder für die Herstellung eines Holzblocks zum Formen der Rakete besorgen, Fäden, ein Gummirohr, einen Gummischwamm, Sägemehl, Nitrolack und einige andere Materialien, die noch genannt werden.

Gehen wir zur Arbeit selbst über.

Aus dem Holzzylinder wird ein stromlinienförmiger Raketenkörper geschnitzt. Damit er auch ganz symmetrisch wird, fertige man sich aus Pappe eine Schablone an. Dazu wird die Pappe in der Mitte gefaltet und über der Knicklinie die Hälfte einer Raketenkontur gezeichnet. Nachdem dieses Stück dann ausgeschnitten und die Pappe aufgeklappt wurde, habt ihr eine symmetrische Raketenkontur vor euch. In die Schablone wird der beschnitzte Holzzylinder gelegt, um zu überprüfen, ob er schon an allen Stellen die Form der Schablone angenommen hat.

Nachdem die Arbeit mit dem Messer beendet ist, reibe man den Raketenkörper mit Sandpapier glatt. Danach wird der Raketenkörper zweimal in feuchtes Papier eingewickelt. Nun ist ein Perlonstrumpf spiralenförmig in ein 5 cm breites Band zu zerschneiden, das dann auf den Raketenkörper gewickelt wird, nachdem das Papier getrocknet ist.

Jede Windung ist mit dem dicken Klebstoff einzustreichen, der oben beschrieben wurde. Nachdem die erste Schicht gut getrocknet ist und ein glänzender Überzug entstanden ist, kann man eine zweite Schicht draufwickeln. Nachdem auch sie gut getrocknet ist, wickelt noch einige Schichten darauf. Es muß sich eine feste Perlonhülle von etwa 1 mm Stärke ergeben. Besonders behutsam ist das obere stumpfe Ende der Rakete zuzukleben. Seid ihr mit dem Bekleben fertig, so macht auf der Raketenspitze eine Rolle aus Fäden. Man geht dabei auf gleiche Weise vor, indem man den mit Klebstoff eingestrichenen Faden aufwickelt.

Von der Zwirnfadenrolle ist die eine Seite abzuschneiden. In die Öffnung wird das Gummirohr gesetzt und an der abgeschnitte-

nen Seite über den Rand gezogen, damit es nicht herausrutschen kann. Falls das nicht gelingt, klemme man das Ende des Gummirohrs mit einem Metallring fest. Das Ganze ist in eine Vertiefung im Heckteil des Raketenkörpers zu setzen, bevor mit der Beklebung begonnen wird.

Nach Beendigung der Beklebung wird die Rolle fest mit der Raketenhülle verbunden sein. Es handelt sich nun nicht mehr um eine Zwirnsfadenrolle, sondern um die Düse unserer Rakete. Sie erweitert sich nicht, wird aber ihren Zweck gut erfüllen.

Nachdem die Raketenhülle getrocknet ist, spachtelt sie mit Klebstoff, vermischt mit Talk, und macht sie mit Sandpapier glatt.

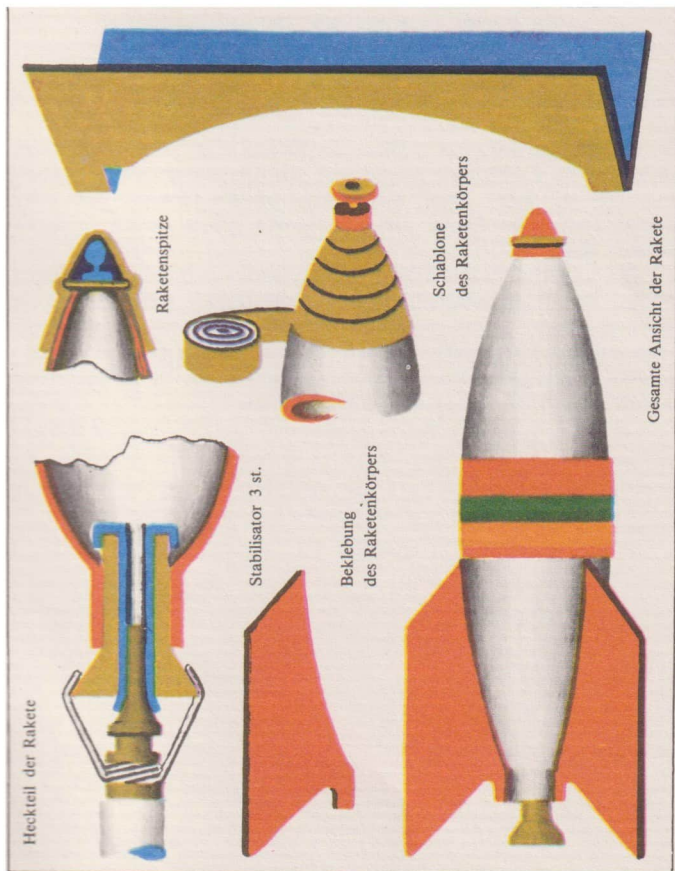
Am Heck werden jetzt die drei Stabilisatoren aus dünnem Sperrholz angeklebt. Dazu wird der schon für die Beklebung mit Perlonband benutzte dicke Klebstoff verwendet. Damit die Stabilisatoren einen besseren Halt bekommen, vermischt den dicken Klebstoff mit Sägemehl.

Nun werden Rakete und Stabilisatoren mit Nitrolack oder gewöhnlicher Ölfarbe gestrichen.

Nachdem alles gut getrocknet ist, schneidet die Raketenhülle in der Mitte mit einem scharfen Messer auseinander und nimmt vorsichtig die zwei Hälften vom Raketenkörper. Entfernt das in den Hälften lose hängende Papier. Das angeklebte Papier kann drinnebleiben. Setzt nun beide Hälften wieder zusammen und verklebt sie mit Hilfe einiger Perlonbandwicklungen. Danach kann die ganze Rakete noch mal angestrichen werden.

Blast mit der Luftpumpe einen Nuckel auf, über den ein zweiter Nuckel gezogen wurde. Schnürt den ersten Nuckel ab. Es ergibt sich ein elastischer Dämpfer. Er wird den Stoß beim Aufprall der Rakete bei der Landung abschwächen. Der obere Nuckel wird über die Rolle an der Raketen spitze gezogen und hält den aufgeblasenen Nuckel fest. Damit der obere Nuckel nicht abspringt, bindet ihn noch mit dem Faden zu.

Man braucht den inneren Nuckel auch nicht aufzublasen, man kann einfach ein Stück Gummischwamm hineinstecken.



Nun ist die Pumpe vorzubereiten. Ihr Anschlußstutzen muß in das Gummirohr passen. Aus festem elastischem Draht, der einige Male um das Ende der Pumpe gewickelt wird, sind zwei Startfesseln zu machen, die an der Zwirnsfadenrolle angreifend die Rakete auf der Pumpe halten.

Die Rakete wird vorm Start ein Drittel voll Wasser gegossen, dann auf die Luftpumpe gesetzt und mit den Startfesseln festgehalten, die mit einer Hand angedrückt werden. Pumpt nun etwa 30mal. Öffnet die Hand. Die Startfesseln gehen zurück, und die Rakete fliegt los.

Die Luft drückt das Wasser heraus und erzeugt einen kräftigen Strahl. Die Rückstoßkraft schleudert die Rakete weit nach oben. Beobachtet nach dem ersten Start, wie die Rakete landet. Wenn sie nicht mit der Spitze aufschlägt, ist die Pakete oben mit einigen Perlonbandwindungen zu beschweren. Danach ist die Rakete natürlich wieder neu zu spachteln und anzustreichen.

DIE DREHUNG DES MONDES. Die Planeten drehen sich bei ihrem Umlauf um die Sonne auch noch um ihre eigene Achse.

Sogar die Planeten, die der Sonne immer dieselbe Seite zuwenden, wie z. B. der Merkur, drehen sich langsam um ihre Achse: Während sie einmal die Sonne umkreisen, haben sie sich auch einmal um ihre Achse gedreht. Unser natürlicher Sputnik, der Mond,

wendet der Erde auch immer nur eine Seite zu. Während er einmal die Erde umkreist, dreht er sich einmal um seine eigene Achse.

Die Erde – ein kosmischer Kreisel

Man kann sich davon in folgendem Versuch einfach überzeugen.

An einem Gummiball wird ein etwa 50 cm langer Gummi befestigt. Dazu kann man in den Ball ein kleines Loch schneiden und an das Ende des Gummis ein kleines Stäbchen binden, das dann durch das Loch in den Ball gesteckt wird. Das andere Ende des Gummis befestigt man mit einer Reißzwecke am Tisch. Neben den Ball legt eine Münze, die die Erde verkörpern soll. Dehnt den Gummi und führt ihn mit der Hand so um die Münze, daß dabei das Loch im Ball stets der Münze zugewandt ist. Nach einer Umkreisung werdet ihr sehen, daß sich der Gummi einmal um den Ball gewickelt hat, d. h., der Ball hat sich dabei einmal um die eigene Achse gedreht.

Dadurch, daß der Merkur der Sonne immer nur eine Seite zuwendet, ist es auf dieser Merkurhälfte sehr warm. Dort herrschen am Äquator Temperaturen von 300–420 Grad. Auf der gegenüberliegenden Hälfte, wo es ewig Nacht ist, herrschen dagegen im Mittel 70 Grad Kälte.

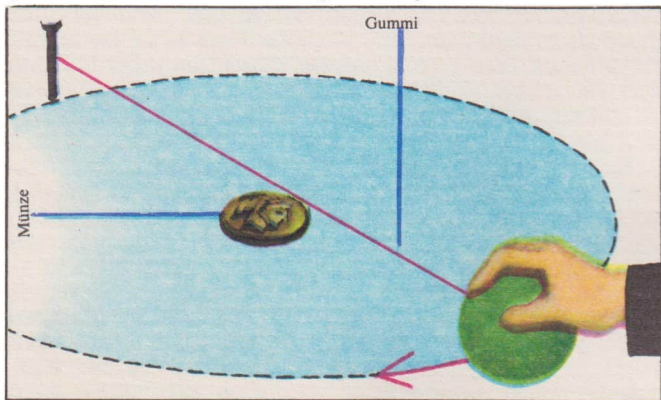
WIR LEBEN AUF EINEM KREISEL. Die Erde dreht sich wie ein riesiger Kreisel um ihre eigene Achse. Die Achse eines Kreisels besitzt aber eine eigenartige Stabilität: Sie ist bestrebt, ihre Richtung im Raum beizubehalten. Und wenn eine äußere Kraft

angreift, weicht die Achse senkrecht zur Angriffsrichtung aus.

Führt einen recht bekannten Versuch mit dem Rad eines Fahrrads durch. Nehmt das Vorderrad aus der Gabel und haltet es an seiner Achse mit beiden Händen vor euch fest. Bittet nun jemand es schnell zu drehen. Versucht ihr nun, die Achsenrichtung zu ändern, so werdet ihr spüren, daß das großen Kraftaufwand verlangt.

Baut euch selbst einen Kreisel, welcher sich lange zu drehen vermag. Eine etwa 10 cm lange Nähnadel wird genau durch die Mitte einer runden Metall- oder Plastikdose gesteckt. Die Dose soll in der Mitte der Nadel fest sitzen. Nehmt ihr eine Metalldose, so kann die Nadel dazu an die Dose gelötet werden.

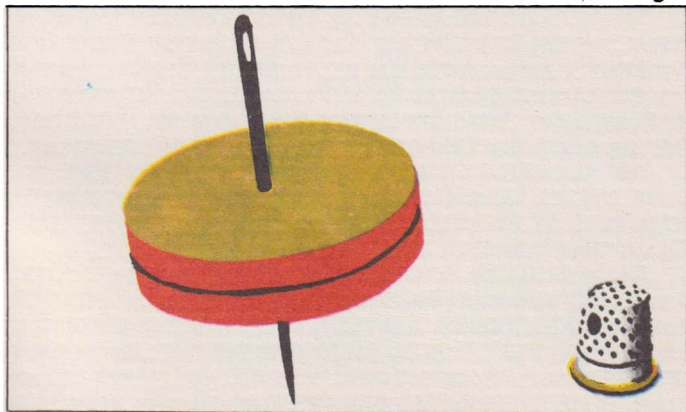
Nun ist noch ein Fingerhut aus Metall erforderlich. Mit seiner Hilfe kann der Kreisel dann aufgezogen werden. In den Fingerhut ist oben an der Seite ein etwa 5 mm großes Loch zu bohren. Steckt nun einen festen Faden durch das Nadelöhr und wickelt ihn ein paarmal um die Nadel. Der Fingerhut ist jetzt auf die Nadel zu set-



zen und durch sein Loch das Fadenende nach außen zu führen. Setzt die Nadelspitze auf eine harte, aber nicht glatte Oberfläche, haltet den Fingerhut mit der linken Hand fest und zieht mit der rechten Hand den Faden von der Nadel. Ihr könnt nun den Fingerhut abnehmen und beobachten, wie sich der Kreisel dreht, und dieser „Tanz“ auf der Spitze wird lange anhalten. Die Reibung an der Nadelspitze ist sehr klein; hauptsächlich wird der Kreisel von der Luft gebremst.

Es ist schwer zu erreichen, daß sich der Kreisel genau senkrecht dreht. Sicher war die Achse schon beim Start etwas geneigt. Wenn der Kreisel geneigt ist, versucht die Schwerkraft, ihn nach unten zu ziehen. Die Kreiselachse beschreibt dabei einen Kegel. Dieser heißt Präzessionskegel, und die Drehung der Achse um die Vertikale wird Präzession genannt.

Ist die Herstellung des oben beschriebenen Kreisels nicht möglich, bastelt ein vereinfachtes Kreiselmodell. Dafür ist ein Pappkreis von 5 cm Durchmesser auszuschneiden, in dessen Mitte ein Loch mit einem Nagel zu durchbohren ist. Setzt in das Loch ein ange-



spitztes Streichholz ein, und ihr habt einen Kreisel. Obwohl seine Drehung nicht lange währt, kann man auch hier die Präzession deutlich beobachten.

Kehren wir zur Erde zurück. Die Erdachse oder, besser gesagt, die unsichtbare geometrische Linie, um die sich die Erde dreht, vollführt auch eine Präzessionsbewegung. Die obere „Hälfte“ der Erdachse beschreibt dabei einen Kegel, dessen Spitze mit dem Erdmittelpunkt zusammenfällt. Die untere Hälfte der Erdachse beschreibt einen Kegel, dessen Spitze ebenfalls im Mittelpunkt der Erde liegt.

Im Grunde beschreibt die Erdachse also einen Doppelkegel. Das ist eine geometrische Figur, bestehend aus zwei mit ihren Spitzen aufeinanderstehenden Kegeln.

Wenn es beim Kreisel die Erdanziehung ist, die die Präzession hervorruft, welche Kraft ruft dann die Präzession der Erdachse hervor? Denn, seht, die Erde bewegt sich frei durch den kosmischen Raum.

Nur die Sonne hält sie fest auf ihrer Umlaufbahn. Uns ist bekannt, daß eine Kugel, die sich um die Sonne bewegt, in allen ihren Punkten die gleiche Anziehung erfährt, da eine Kugel zu allen ihren Achsen symmetrisch ist. So dürfte es also kein „Verkanten“ der Erdachse geben. Wenn das Gesagte aber richtig ist, dann müssen wir uns fragen, aus welchem Grunde es die Präzession dann gibt.

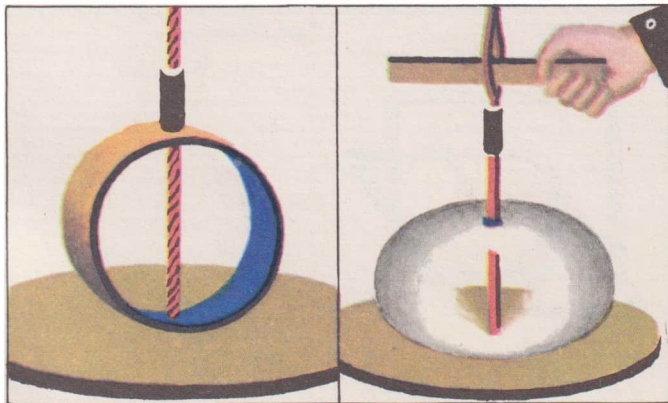
Die Präzession der Erdachse wurde schon von Isaac Newton erklärt. Um ihre Ursache besser zu verstehen, stellen wir folgendes Experiment an, das zeigt, wie sich ein rotierender Körper verhält, dessen Oberflächenform sich leicht ändern kann.

Wir benutzen die bereits im Kapitel „Ausschalten der Anziehungskraft“ verwendete Scheibe, die sich an zwei zusammengedrehten Fäden schnell drehte. Aus festem Papier mache man sich einen 60 cm langen und 2,5 cm breiten Streifen und klebe ihn zu einem Ring zusammen. Schneidet dann diametral zwei Löcher in den Ring. Durch sie werden die zwei Fäden geführt. Das obere Loch

muß so groß sein, daß es die Fäden nicht am Entwickeln hemmt. Am unteren Loch befestigt den Ring mit Knete an der Scheibe. Die Scheibe ist nun genau waagrecht aufzuhängen und so, daß der Papierring kreisförmig bleibt. Falls er sich nicht selbst kreisförmig halten kann, ist etwas festeres Papier zu nehmen. Nachdem man den Ring etwas zusammengedrückt hat, muß er von alleine in die Ausgangsform zurückkehren.

Über den Papierring schiebe man auf die Fäden einen kleinen Ring aus schwarzem Papier. Er dient als Markierung und soll verschiebbar sein.

Bei der Durchführung des Versuches setze man oben zwischen die zwei Fäden einen runden Stock und drehe dann die zwei Fäden gut zusammen. Nachdem ihr dann die Fäden losgelassen habt und sich die Scheibe schnell dreht, beschleunigt die Drehungen mit dem Stock, indem ihr ihn zwischen den Fäden herunterdrückt. Ihr könnt beobachten, daß der Papierring zusammengedrückt wird. Man sieht ein durchsichtiges Ellipsoid, das sich von einer Kugel durch seine Form unterscheidet. Der schwarze Markierungsring

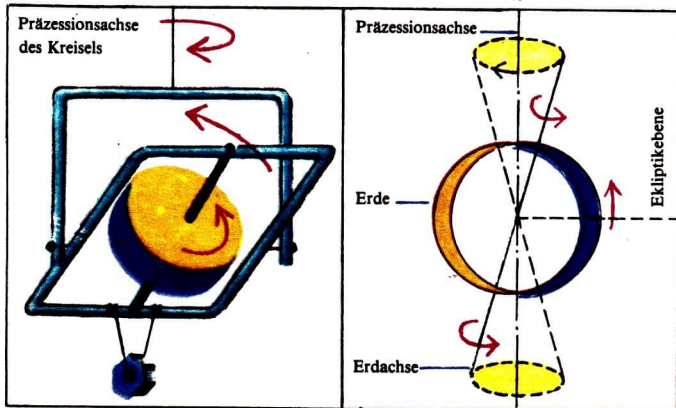


wird euch zeigen, um welchen Betrag der Papierring beim Drehen zusammengedrückt wurde. Nach Beendigung der Rotation nimmt der Papierring seine ursprüngliche Form wieder an. Es kann aber passieren, daß er die Markierung wegen der sogenannten unelastischen Deformation des Papiers nicht mehr erreicht.

Ganz ähnlich ist auch die Erde etwas zusammengedrückt. Letzten Messungen zufolge ist der Polradius 21,383 km kürzer als der des Äquators. Newtons Rechnungen erhaben einen Unterschied von 24 km.

Newton zeigte, daß die Erde an den Polen etwas abgeplattet ist. Er war der Meinung, daß die Abplattung in dem frühen Entwicklungsstadium der Erde vor sich ging, als sie noch weich war.

Die Hypothesen über die Entstehung der Erde – sei es die Hypothese von Kant und Laplace, gemäß der sich die Erde aus heißer Materie gebildet hat und zuerst eine flüssige Feuerkugel war, oder die Hypothese des sowjetischen Wissenschaftlers Otto J. Schmidt, gemäß der sich die Erde nach und nach im Ergebnis der Ver-



schmelzung kleiner Teilchen einer Staubwolke und verdünnter Gase gebildet hat,— sahen vor, daß die Erde am Anfang ihrer Entstehung nicht sofort erstarrte. Die schnelle Drehung der „weichen“ Erde um ihre Achse führte zu ihrer Abplattung.

Die Symmetrieachse unseres Planeten bildet mit der Erdbahnebene um die Sonne einen Winkel von $66^{\circ}33,5'$, d. h., sie steht nicht senkrecht auf der Erdbahnebene.

Newton erklärte nun die Präzession der Erdachse durch diese Neigung und die elliptische Form der Erde.

Bei idealer Kugelform könnte es nicht zur Präzession kommen. Bei der wirklichen Form der Erde werden aber nicht alle ihre Punkte gleichermaßen von der Sonne und vom Mond angezogen, so daß ein Drehmoment vorliegen muß. Es ist bestrebt, die Erdachse senkrecht auf die Erdbahnebene zu stellen, was die Präzessionsbewegung verursacht. Es vergehen 26 000 Jahre, bevor die Erdachse sich einmal um die Achse des Präzessionskegels dreht.

Für unser Zeitempfinden ist dies natürlich ein gewaltiger Zeitabschnitt.

Um eine bessere Vorstellung von der Präzessionsbewegung zu bekommen, kann man sich eine spezielle Kreiselaufhängung basteln.

Der eingangs beschriebene Kreisel läßt sich verbessern, indem man die Nadel durch einen Nagel ersetzt, von dem der Kopf abgekniffen wurde und in den eine Kerbe gefeilt wurde, in der dann der Faden zum Aufziehen festgebunden werden kann. In die Dose drückt Lehm oder Ton, um ihr Trägheitsmoment zu erhöhen.

Die Aufhängung besteht aus zwei Rahmen, die man sich aus zwei Kupfer- oder Messingrohren biegen kann. Der erste, vierseitige Rahmen ist nicht ganz so breit wie der Nagel, die Kreiselaufhängung, lang ist. In der Mitte der oberen und unteren Rahmenseite ist je ein Loch in das Rohr zu bohren, wobei oben das Rohr ganz zu durchstoßen ist. Der Kreisel kann dann bequem in den Rahmen gesetzt werden.

In die Mitten der Seiten sind auch Löcher zu bohren. Sie sollen durchgehend sein, damit in ihnen ein Stift festgeschraubt oder angelötet werden kann.

Der äußere Rahmen ist U-förmig. In die Enden seiner beiden Seiten sind Löcher zu bohren, in denen dann der innere Rahmen mit seinen Stiften drehbar lagern soll. In der Mitte des äußeren Rahmens wird das Ganze dann frei an einem Faden aufgehängt. Man achte darauf, daß sich der Schwerpunkt des Kreisels möglichst genau in der Mitte des inneren Rahmens und möglichst genau senkrecht unter dem Aufhängepunkt befindet.

Zieht nun den Kreisel mit einer Schnur auf. Er wird sich in der Lage drehen, in der er auch aufgezogen wurde. Hängt unten an den inneren Rahmen eine kleine Last und lenkt den Rahmen aus der Vertikale aus. Die Last ist bestrebt, die Kreiselachse in die Vertikale zu drehen.

Man beobachtet aber, daß beide Rahmen beginnen, sich um die Aufhängeschnur zu drehen, d. h., es passiert dasselbe wie mit der Erdachse, die Sonne und Mond senkrecht auf die Erdelliptik stellen möchten. Die Aufhängeschnur stellt die Präzessionsachse des Kreisels dar.

Die Präzessionsbewegung unseres Gerätes dauert nicht lange. Bald beginnen sich die Rahmen in die entgegengesetzte Richtung zu drehen, weil die Aufhängeschnur einen Drall bekam und sich die Reibung in den Lagern bemerkbar macht.

EINE NICHT SPÜRBARE GESCHWINDIGKEIT. Wir leben also auf einem riesigen Kreisel. Wir bemerken die enorme Geschwindigkeit, mit der sich die Erde um die Sonne bewegt, jedoch nicht, ebenso wie die große Geschwindigkeit, mit der sich die Erdoberfläche um die Erdachse dreht.

Wir bemerken natürlich, wie auf den Sommer der Herbst folgt und auf den Herbst der Winter. Die Wechsel der Jahreszeiten vollziehen sich allmählich, wir sind an sie gewöhnt und bringen sie deshalb nicht mit der Geschwindigkeit, mit der sich die Erde um die

Sonne bewegt, in Zusammenhang. Diese Geschwindigkeit beträgt im Mittel 29,8 Kilometer pro Sekunde.

Verschaffen wir uns eine Vorstellung von dieser Zahl. Ein Fußgänger legt 6 km pro Stunde zurück, ein Kraftfahrzeug 40–100 km. Flugzeuge können Frachten schon mit einer Geschwindigkeit von 300–800 km/h befördern, Überschallflugzeuge erreichen mehr als 1200 km/h. Die die Erde umkreisenden Orbitalstationen fliegen mit etwa 28 400 km/h.

Rechnet man die obige Geschwindigkeit von Kilometern pro Sekunde in Kilometer pro Stunde um, erhält man für die Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne rund 107 000 km/h!

Der Erdäquator dreht sich mit einer Geschwindigkeit von 1674 km/h um die Erdachse.

Diese Geschwindigkeiten verspüren wir überhaupt nicht.

BEWEIS DER ERDDREHUNG. Obwohl im 19. Jh. kein gebildeter Mensch mehr daran zweifelte, daß sich die Erde um ihre Achse dreht und nicht die Sonne um die Erde, ersann der französische Wissenschaftler Leon Foucault 1851 einen Versuch, der die Erddrehung anschaulich demonstrierte.

Foucault nutzte die Eigenschaft eines Fadenpendels, seine Schwingungsebene beizubehalten, wenn sich der Aufhängepunkt um eine Vertikale dreht.

Im Pantheon von Paris hängte Foucault ein Pendel von 67 m Länge auf. Die Kupferkugel des Pendels wog 28 kg.

Schon nachdem das Pendel nur einige Minuten schwang, konnte man erkennen, daß sich die Schwingungsebene im Uhrzeigersinn von Osten nach Westen drehte. In Wirklichkeit hatte sich aber die Erde von Westen nach Osten gedreht.

Es sind mehrere Foucaultsche Pendel in der Welt bekannt. Eines der berühmtesten Pendel ist in der Isaak-Kathedrale in Leningrad aufgehängt. Seine Länge ist noch größer als desjenigen im Pariser Pantheon und beträgt 98 m.

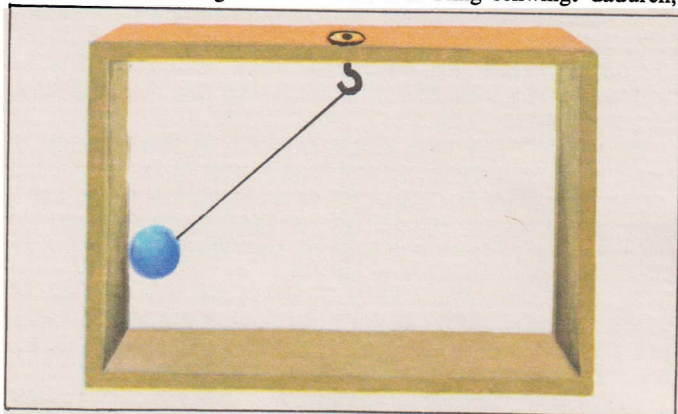
Macht euch ein kleines Modell eines Foucaultschen Pendels.

Nehmt ein 2–3 cm dickes Holzbrett von etwa 50–60 cm Länge und 12–15 cm Breite. Befestigt auf ihm einen U-förmigen Rahmen von ca. 30–40 cm Höhe. In der Mitte des Querbalkens ist ein Loch zu durchbohren, wohin ein Haken zu führen und drehbar zu befestigen ist.

An diesem wird an einem feinen Faden eine Last gehängt, z. B. eine große Mutter oder größere Metallkugel, die man zum bequemen Anbinden in Papier wickeln kann.

Lenkt nun das Pendel stärker aus und dreht den Rahmen um seine vertikale Achse entgegen dem Uhrzeigersinn, was die Erddrehung von Westen nach Osten imitiert. Die Erde dreht sich, die Pendelebene bleibt aber unverändert.

Man kann diesen Versuch noch eindrucksvoller gestalten. Benötigt wird ein Stahlring von etwa 50 cm Durchmesser. Er wird an einer Schnur aufgehängt und mit einer zweiten Schnur, die am Boden befestigt wird, festgespannt. An einem beweglich hängenden Haken kann oben ein Pendel aufgehängt werden. Lenkt es aus und gebt dann auch dem Ring einen Schubs. Der Ring schwingt dadurch,

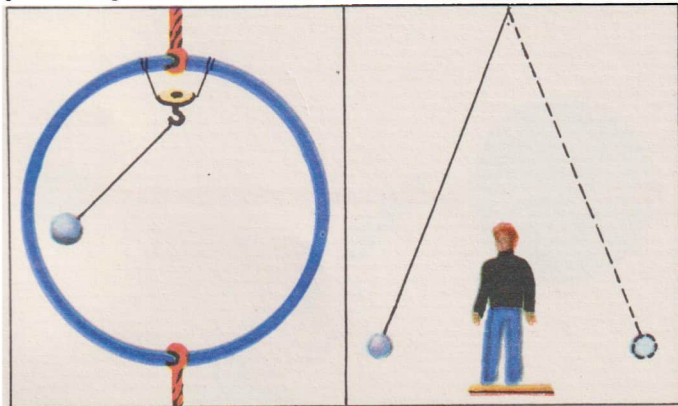


was sich aber in keiner Weise auf die Schwingungsebene des Pendels auswirkt.

Wenn euch ein 4–5 m hoher Raum zur Verfügung steht, könnt ihr den wirklichen Foucaultschen Pendelversuch wiederholen. Leider ist das nicht im Freien möglich, wo sich leichter ein hoher Aufhängepunkt finden läßt. Denn schon der leiseste Lufthauch verzerrt das Versuchsergebnis.

Hier ist noch ein Versuch, welcher die Erddrehung auf anschaulichste Weise demonstriert. Man kann dieses Experiment auch zu Hause durchführen.

An einem in die Decke eingeschlagenen Nagel wird mit Hilfe eines Hakens eine sich frei drehende Schleife aus Draht befestigt. Hängt an den Haken mittels einer feinen Schnur einen mit Sand gefüllten Gummiball. (Bei dem beschriebenen Versuch betrug die Fadenlänge des Pendels 410 cm, und der Ball hatte einen Durchmesser von 6 cm. Weitere 6 cm trennten diesen vom Boden.) Man kann aber die Maße den zu Hause vorgefundenen Bedingungen anpassen. Legt unter den Ball auf den Fußboden einen geraden Ge-

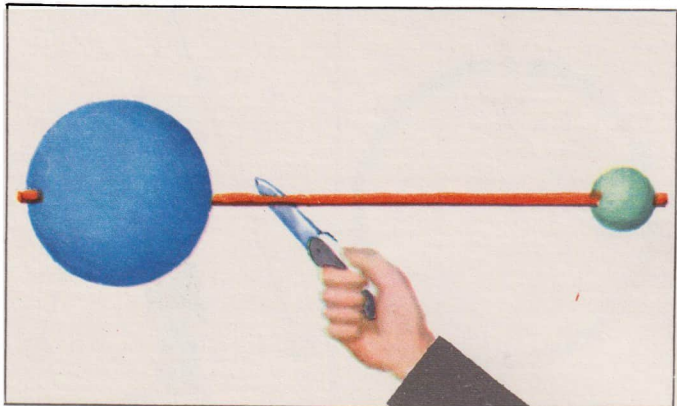


genstand, z. B. ein Lineal, und lenkt den Ball vorsichtig aus. Der Ball darf dabei nicht in Drehung geraten oder einen seitlichen Schubs erhalten.

Wenn die Schwingungsebene die Nord-Süd-Richtung hat, kann man schon nach zehn Minuten deutlich erkennen, daß die Schwingungsebene von der ursprünglichen Richtung im Uhrzeigersinn abweicht. Damit ist dann die Drehung der Erde von Westen nach Osten nachgewiesen.

WIE DER MOND DIE ERDE DREHT. Ist es wirklich wahr, daß der Mond die Erde dreht? Denn der Mond ist doch 81mal leichter als die Erde und dreht sich doch selbst um die Erde.

Die Erde vollführt viele Bewegungen: Sie dreht sich um die Sonne, dreht sich um ihre eigene Achse; die Erdachse beschreibt einen Präzessionskegel. Dazu kommt noch eine Drehung, die vom Mond verursacht wird. Gäbe es keinen Mond, wäre eine solche Bewegung auch nicht möglich. Mond und Erde sind durch die Gravitation recht stark aneinander gebunden. Natürlich ist die Erdanzie-



hung kräftiger, wodurch der Mond auf seiner Bahn bleibt. Die Anziehungskraft des Mondes verursacht die Gezeiten (Ebbe und Flut) der Meere (wenngleich ihm die Sonne dabei hilft).

Es wurde berechnet, daß sich der Mond nicht um den Erdmittelpunkt dreht, sondern um einen Punkt, der vom Erdmittelpunkt etwa 4700 km entfernt ist. Das ist der Massenmittelpunkt des Systems Erde-Mond.

Gewöhnlich spricht man bei einem Körper oder Körpersystem vom Schwerpunkt und nicht vom Massenmittelpunkt. So befindet sich z. B. bei einem Stab der Schwerpunkt in der Mitte. Wenn man ihn in diesem Punkt auf einen Finger legt, fällt er nicht herunter, weil sein Schwerpunkt gerade über dem Stützpunkt liegt. Bei einer Kugel befindet sich der Schwerpunkt in deren Mittelpunkt.

Auf irdische Dinge können wir den Begriff „Schwerpunkt“ anwenden, weil die Schwerkraft mit der Anziehungskraft der Erde zusammenfällt. Beim System Erde-Mond wird nicht von einem Schwerpunkt, sondern vom Massenmittelpunkt gesprochen.

Fertigt euch folgende „Hantel“ an. Steckt auf die Enden eines Stäbchens, z. B. einer leeren Kugelschreibermine, zwei Kugeln, z. B. aus Knete oder Holzkugeln von altem Spielzeug. Die eine Kugel soll einen Durchmesser von etwa 3 cm haben, die andere von 1 cm.

Die größere Kugel besitzt eine größere Masse als die kleinere, wobei wir unter Masse das Maß der Trägheit verstehen. Legt die Hantel auf die Schneide eines Messers und ermittelt den Schwerpunkt; markiert diesen Punkt. Knüpft an dieser Stelle an das Stäbchen zwei Fäden von 70 cm Länge. An ihnen soll die Hantel aufgehängt werden. Sie muß frei hängen und sich drehen können. Justiert die Lagen der Fadenenden so lange, bis die Hantel genau waagrecht hängt. Dreht nun die zwei Fäden zusammen und überprüft danach, ob die Hantel noch waagrecht liegt. Laßt sie dann vorsichtig los. Sie beginnt sich zu drehen, und man kann deutlich sehen, daß die Fäden, die die Achse unseres Gerätes darstellen, exakt senkrecht hängen bleiben; keine Kräfte lenken sie aus.

Kommt die Hantel endlich zur Ruhe, so bleibt sie wieder waagrecht hängen.

Man kann den Versuch auch so ausführen. Schiebt die Fäden um 1 cm zur Mitte des Stäbchens, d. h. in die Richtung der kleineren Kugel. Dreht sie dann wieder zusammen, bringt die Hantel zum Ruhestand und laßt die Hantel vorsichtig los. Die sich entwickelnden Fäden hängen nun nicht mehr senkrecht wie früher, sondern beschreiben einen Kegel. Die Drehachse unseres Gerätes fällt dabei mit der Symmetrieachse dieses Kegels zusammen. Sie geht nach wie vor durch den Schwerpunkt der zwei Kugeln.

Wiederholt den Versuch einige Male und verschiebt jedesmal den Aufhängepunkt ein Stückchen weiter zur kleinen Kugel. Bei schneller Drehung der Hantel beschreibt das Stäbchen, das jetzt stark geneigt ist, einen Doppelkegel, dessen Mittelpunkt unbeweglich ist und mit dem Schwerpunkt zusammenfällt.

Besonders interessant sieht diese Drehung des Gerätes aus, wenn sich der Aufhängepunkt gerade in der Mitte des Stäbchens oder nahe zur kleineren Kugel befindet.

Kehren wir zum Kosmos zurück. Wie kann nun der Mond die Erde drehen? Das hängt eng mit den angestellten Versuchen zusammen. Die Rolle des Stäbchens spielt die Anziehung zwischen Erde und Mond. Der Massenmittelpunkt dieses kosmischen Systems liegt, wie schon gesagt, 4700 km vom Erdmittelpunkt entfernt. Andererseits beträgt der äquatoriale Erdradius 6378 km, so daß der Massenmittelpunkt in der Erde liegt.

Während einer vollen Drehung des Mondes um den Erdmittelpunkt vollführt die Erde eine volle Drehung um den Massenmittelpunkt des Erde-Mond-Systems.

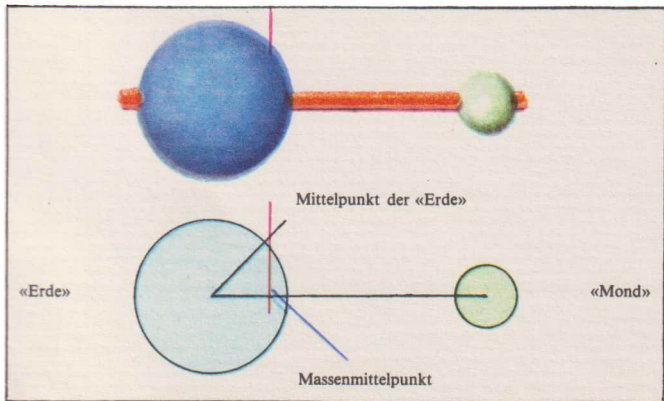
Man kann sich ein vereinfachtes Modell des Systems Erde-Mond leicht selber basteln. Es werden dabei keine Maßstäbe berücksichtigt. Auch das Verhältnis der Massen von Erde und Mond wird nicht der Wirklichkeit entsprechen. Weiterhin wird die Drehung des Mondes um die Erde auf einer Kreisbahn und nicht wie in Wirklichkeit auf einer elliptischen Bahn erfolgen.

Ein Kneteball von 3 cm Durchmesser stellt die Erde dar. Im Abstand von 2,5 cm vom Ende einer etwa 13 cm langen Kugelschreibermine bindet, damit sie nicht abrutschen, die zwei Fäden fest an. Setzt dann auf dieses Ende genau durch die Mitte den „Erdball“.

Die Miene soll auf der anderen Seite heraus schauen, so daß die Fädenanfänge in der Knete zu liegen kommen.

Der Angriffspunkt der Fäden soll zum Massenmittelpunkt des Systems werden. Setzt dementsprechend eine kleine Knetekugel auf das andere Ende und hängt das Gerät auf. Durch eine kleine Verschiebung der kleinen Kugel, des Mondes, kann man erreichen, daß die Hantel genau waagrecht hängt.

Dreht nun die Fäden zusammen und laßt das „Erde-Mond-System“ vorsichtig los. Der „Mond“ wird sich um die „Erde“ drehen und der Erdmittelpunkt, der vom Aufhängepunkt 1 cm entfernt ist, um den Massenmittelpunkt. Wenn die Fäden genau im Schwerpunkt angreifen, werden sie von der Senkrechten nicht abweichen.



Die angestellten Versuche zeigen auch recht anschaulich, wie wichtig es ist, daß drehende Maschinenteile richtig zentriert sind. Das können Schwungräder, Turbinenrotoren, Anker von Elektromotoren, die verschiedensten Wellen usw. sein. Die Achsen dieser Teile müssen genau durch den Schwerpunkt gehen, damit keine schädlichen Vibrationen entstehen, die die Maschine, die Kugellager und das Fundament zusätzlich belasten.

OPTISCHE REISE DURCH DEN WELTRAUM. Im Jahre 1611 schuf Johannes Kepler ein astronomisches Fernrohr, das man als Vorläufer der modernen Linsenfernrohre (Refraktoren) ansehen kann. Das astronomische Fernrohr wurde allmählich vervollkommen: die Linsenqualität wurde verbessert, die Linsen wurden größer, es wurden Mechanismen zur Einstellung des Rohres auf einen bestimmten Himmelsabschnitt geschaffen, es wurde ein Mechanismus zur Kompensation der Erddrehung erdsonnen. Kurz gesagt, das Fernrohr hat sich in ein kräftiges, modernes Teleskop umgewandelt. Mit derartigen Fernrohren konnte man immer tiefer in den Weltraum schauen. Es wurde möglich, die Planeten des Sonnensystems ge-

Durch die Unweiten von Raum und Zeit

nauer zu beobachten. Dabei wurden neue Planetenmonde entdeckt, deren Existenz früher nicht bekannt war, Kometen konnten besser verfolgt werden.

Heute gibt es neben den optischen Fernrohren auch Radio- und Röntgenteleskope. Sie geben Informationen über die Prozesse, die im Inneren der Himmelskörper ablaufen.

Mit Radioteleskopen lassen sich viele interessante Vorgänge verfolgen, die in den entferntesten Gebieten unseres Milchstraßensystems und noch weiter, in anderen Milchstraßensystemen, ablaufen.

Durch den Empfang von Radiowellen und Röntgenstrahlen aus dem All hat man schon viel Neues erfahren, aber nicht, was zur Zeit vorgeht, sondern das, was vor mehreren Jahren geschah, denn das Licht braucht Jahre und sogar Milliarden von Jahren, um zu uns zu gelangen. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt nämlich 300 000 km/s. Eine größere Geschwindigkeit kennt man in der Natur nicht. Sogar das Sonnenlicht gelangt nicht augenblicklich zu uns. Es vergehen 8,3 Minuten, bevor es nach Aussendung von der Sonnenoberfläche die Erde erreicht.

Durch Vergleich verschiedener Beobachtungen, durch das Studium der Vergangenheit des Weltalls kann man jedoch auf die zur Zeit im All vorgehenden Veränderungen schließen.

WIR BAUEN UNS SELBST EIN FERNROHR. Es gibt zwei Arten optischer Fernrohre: Refraktoren und Reflektoren (Spiegelteleskop).

Bei einem Refraktor besteht das optische System aus Linsen. Sowohl das Objektiv (das auf das zu beobachtende Objekt gerichtet ist) als auch das Okular (mit dem das vom Objektiv erzeugte Bild betrachtet wird) sind Linsen. Bei einem Reflektor besteht das Objektiv aus einem Hohlspiegel. Er reflektiert das von dem zu beobachtenden Gegenstand kommende Licht. Das erzeugte Bild kann aus geringer Entfernung durch ein Okular betrachtet werden, das aus einem Linsensystem besteht.

Weiter unten wird nur der Bau eines Refraktors beschrieben, da sich die Linsen nicht schwer beschaffen lassen, während das Selbstschleifen eines Hohlspiegels eine recht komplizierte Arbeit ist.

Mit dem Fernrohr könnt ihr dann spannende „Spaziergänge“ durch den Sternenhimmel machen. Es sollen dabei nur zwei Bedingungen erfüllt werden: Der Himmel muß wolkenlos sein, und es muß draußen warm genug sein. Der Sternenhimmel läßt sich kaum durch das Fensterglas beobachten, denn das Glas verzerrt das Sternbild beträchtlich. Ihr könnt mit dem selbstgebauten Fernrohr den Mond, die Planeten und Sterne unter 100facher Vergrößerung betrachten. Wenn der Mars z. B. in Opposition steht, d. h. der Erde am nächsten gekommen ist, werdet ihr einen rötlichen Punkt von der Größe einer Erbse sehen, der sich 30 cm vor euren Augen befindet.

Zum Bau des Fernrohrs werden zwei Linsen, einige Bogen Packpapier und Klebstoff benötigt.

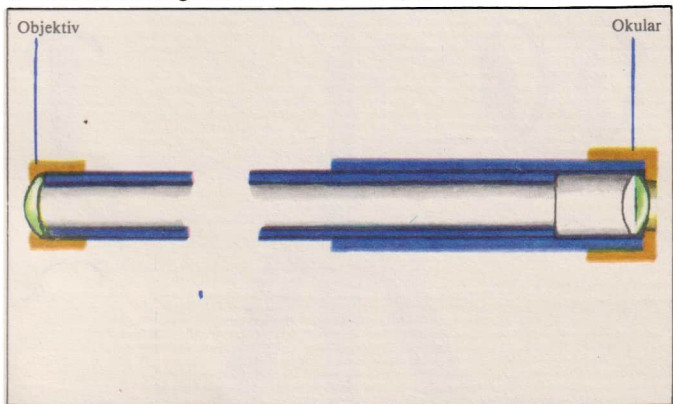
Die Objektivlinse kann man bei einem Optiker erwerben. Benötigt wird eine Brillenlinse von +0,5 Dioptrien. Der Linsenrand

kann ruhig ungleichmäßig sein. Der Linsendurchmesser beträgt etwa 5 cm, und von demselben Durchmesser kleben wir ein Rohr.

Für das Okular ist eine Lupe mit einer Brennweite von 2 cm erforderlich. Der Lupendurchmesser spielt keine Rolle, soll aber nicht größer als 5 cm sein. Das Hauptrohr des Fernrohrs ist 1,9 m lang. Zusammen mit dem Okularrohr ergibt sich eine Gesamtlänge des Fernrohres von 2 m.

Wenn es eine Linse von $+0,5$ Dioptrien nicht gibt, so kann man auch eine Linse von $+1$ Dioptrie nehmen. Dann wird das Fernrohr allerdings nur einen Meter lang sein, und es ist nur eine 50fache Vergrößerung möglich. Das reicht jedoch für viele interessante Beobachtungen aus. Die Planeten sieht man kleiner, dafür aber schärfer.

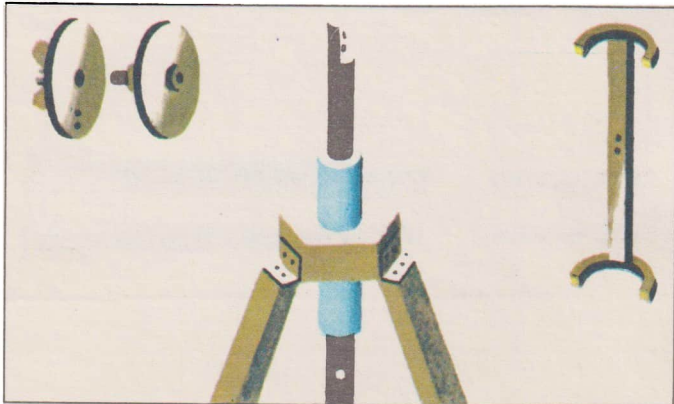
Zur Herstellung des Hauptrohres ist ein Packpapierbogen auf irgendein Rohr von 5 cm Durchmesser zu rollen. Wickelt ihn dann wieder ab und streicht die Innenseite des zukünftigen Rohres mit schwarzer, nicht glänzender Farbe an (man kann dafür schwarze



Plakatfarbe nehmen). Danach wird der Rand mit Klebstoff bestrichen und der Bogen wieder um das Rohr gewickelt. Es muß straff gewickelt werden, und schließlich ist das Ende anzukleben, damit sich das Papier nicht wieder aufrollt. Wenn der Bogen nicht breiter als 1,9 m war, ist noch ein solches Rohr herzustellen. Die Rohre können dann mit einem geklebten Papierring, dessen Innendurchmesser gleich dem Außendurchmesser der Rohre ist, aneinander gesetzt werden. Wollt ihr das Fernrohr auf eine Reise mitnehmen, muß diese Verbindung demontierbar sein.

Das Okularrohr kann aus demselben Papier gemacht werden, ist aber nur 20 cm lang. Sein Innendurchmesser muß mit dem Außendurchmesser des Hauptrohres übereinstimmen. Obwohl das Okularrohr dann fest auf dem Hauptrohr sitzen soll, muß es sich noch frei verschieben lassen.

Nun sind die Linsen einzusetzen. Dazu sind aus dünnerer Pappe für das Hauptrohr und das Okularrohr je ein Deckel zu basteln. Aus jedem Deckel wird dann genau symmetrisch ein Kreis ausgeschnitten, der etwas kleiner ist als die entsprechende Linse. Nach-



dem die Linsen genau symmetrisch in die Deckel gelegt wurden, legt noch einen Pappiring drauf, um sie mit seiner Hilfe im Deckel festzukleben. Auf solche Weise kann man die Deckel immer abnehmen, die Linsen mit einem weichen Lappen vom Staub säubern und in einem Kasten aufbewahren.

Dabei muß die Objektivlinse mit ihrer konvexen Seite nach außen zeigen. Zuvor wasche man die Linsen in Seifenwasser (wenn sie nicht geklebt sind), trockne sie gut ab und reibe sie mit einem sauberen Wolläppchen blank.

Zum Kleben der Rohre verwendet man am besten Tapetenkleister. Für die Deckel benutzt man jedoch besser synthetischen Leim, der gut Papier klebt. Insbesondere ist darauf zu achten, daß kein Klebstoff auf die Linsen gelangt. Die Linsen müssen ganz sauber bleiben. Man darf sie nur mit zwei Fingern und nur am Rand anfassen. Ist man soweit, so kann man sagen, daß der optische Teil des Fernrohres fertig ist. Man kann aber noch das Rohr selbst von außen mit einer Ölfarbe anstreichen.

Nun ist noch eine wichtige Vorrichtung zu bauen—das Stativ. Ohne ein Stativ läßt sich das Fernrohr nicht benutzen.

Das Stativ muß so hoch sein, daß man sitzend angelehnt verschiedene Himmelsabschnitte beobachten kann—vom Polarstern bis zum Horizont.

Das jetzt zu beschreibende Stativ besteht aus einem Dreibein und einem drehbaren, in der Höhe verstellbaren Fernrohrhalter.

Die Stativbeine sind aus 120 cm langen und 2 cm \times 4 cm starken Holzleisten. Aus einem 4 cm starken Brett säge man ein Dreieck aus, dessen Seiten etwa 12 cm lang sein sollen. In die Mitte des Dreiecks ist ein Loch zu bohren, das dann einen runden Stab von 2–2,5 cm Durchmesser tragen soll. An ihm wird später oben der eigentliche Fernrohrhalter festgeschraubt. Bohrt in den Stab alle 5 cm ein Loch, in das ein Stift gesteckt werden kann. Der Stift verhindert, daß der Stab durch das Loch fällt.

Von dem Dreieck werden die Ecken abgesägt und an die-

sen Stellen die drei angespitzten Beine über Scharniere angeschraubt.

An den Stab schraube man oben an der Seite mit zwei Holzschrauben eine Holzscheibe an. Sie hat in der Mitte ein Loch, durch das eine Schraube gesteckt wird, auf der fest eine zweite, ebensolche Holzscheibe sitzt. Mit einer Flügelmutter muß sie festgezogen werden können. Auf die drehbare Scheibe ist eine 50–60 cm lange Holzleiste zu befestigen, die an ihren Enden aus Sperrholz ausgesägte Bögen trägt. Auf ihnen wird dann das Fernrohr liegen und kann an ihnen auch angebunden werden.

Damit ist die Beschreibung eines einfachen Modells des Dreibeins beendet. Man kann seine Konstruktion wesentlich verbessern, indem man den Fernrohrhalter aus Metall herstellt. Der Holzstab kann dabei durch einen Aluminiumstab ersetzt werden, und der Halter selbst kann ebenfalls aus Metall gefertigt werden. Alle Holzteile sollen vor Montage mit Sandpapier geschliffen und dann lackiert werden.

Man kann auch den Stab nicht direkt im Dreieck lagern, sondern in einem Rohr, das fest im Dreieck sitzt. Die Halterung ist dann stabiler und läßt sich leichter in der Horizontalen drehen.

Auch muß sich die Neigung des Fernrohrs durch Lösen und wieder Anziehen der Flügelmutter sicher einstellen lassen.

Die Einrichtungen zur Neigung und zum Drehen des Fernrohrs sollen besonders sorgfältig ausgestattet werden. Denn das beobachtete Gestirn bewegt sich wegen der Erddrehung ständig aus dem Gesichtsfeld, und man soll das Fernrohr immer nachschieben können.

In der Sternwarte ist jedes Teleskop mit einer speziellen Maschine vorgesehen, die das Fernrohr mit der Geschwindigkeit dreht, mit welcher das betrachtete Objekt von der Erde „weggeführt“ wird. Dadurch wird der benötigte Himmelsausschnitt an das Fernrohr „festgebunden“, und der Astronom kann seine Beobachtungen ruhig durchführen und die gewünschten Objekte auch fotografieren.

Nachdem alles fertig ist, richtet das Fernrohr auf einen bestimmten Gegenstand am Horizont – einen Baum, ein Haus, eine Straßenlampe usw. Am besten macht man das am Tag. Dabei kann man den Gegenstand über das Fernrohr hinweg anpeilen, als gäbe es hier Kimme und Korn. Das Okular ist dann so lange vor und zurück zu schieben, bis ein scharfes Bild entstanden ist. Das Bild steht auf dem Kopf, was jedoch für die Beobachtung von Himmelskörpern unbedeutend ist.

Die Schärfe hängt davon ab, ob die Linsenmittelpunkte auch genau auf der Achse des Fernrohres liegen. Um das zu überprüfen, schaut durch das Fernrohr und dreht dabei das Okularrohr. Wenn sich dabei das Bild nicht ändert, sind die Linsen richtig zentriert. Nun muß es nur noch dunkel werden und wolkenlos sein, um die fesselnde Reise durch den Sternenhimmel beginnen zu können.

Mit Hilfe des Fernrohres könnt ihr euch mit mehreren Planeten des Sonnensystems bekanntmachen, mit den Mondkratern und -meeren. Die Sterne werden genauso aussehen wie ohne Fernrohr, nur etwas heller. Dafür kann man aber mit dem Fernrohr Sterne sehen, die mit bloßem Auge nicht sichtbar sind. Sternkalendern kann man entnehmen, was wann und wo am Himmelszelt zu sehen ist.

WOMIT SIND DIE ASTRONOMEN UNZUFRIEDEN? Trotz der modernen Observatorien und gewaltigen Teleskope, mit denen man die Planeten, die Sterne unseres Milchstraßensystems und andere Milchstraßensysteme untersuchen kann, sind die Astronomen unzufrieden... und zwar mit der Erdatmosphäre. Dies klingt natürlich eigenartig, denn das Leben auf der Erde ist doch nur dank der Atmosphäre und der Sonnenstrahlung möglich. Wie kann man dann mit dem unzufrieden sein, was eigentlich unsere Lebensquelle ist? Die Erdatmosphäre hat die Eigenschaft, die Lichtstrahlen, die von den Planeten, Sternen und Milchstraßensystemen zu uns gelangen, zu brechen. Dadurch wird das Bild verzerrt. Außerdem beeinträchtigt die Atmosphäre den Empfang von Radiosignalen aus den

Tiefen des Alls. Sie enthält Feuchtigkeit und Staub, ganz zu schweigen davon, daß im spannendsten Moment eine Wolke die Sicht verdecken kann.

Die Astronomen träumen davon, so bald wie möglich im Kosmos außerhalb der Erdatmosphäre arbeiten zu können, um dort ohne atmosphärische Störungen zu beobachten. Vorläufig bleiben die Astronomen aber auf der Erde. Bisher haben nur Kosmonauten von Orbitalstationen aus ferne Welten ohne atmosphärische Störungen beobachtet. Vor jedem Start erhalten sie deshalb von den Astronomen zahlreiche Aufträge. Die Orbitalstationen sind mit hochentwickelten Geräten ausgerüstet. Allerdings sind die Teleskope der Orbitalstationen nicht sehr groß. Die Kosmonauten fotografieren, bringen von Geräten automatisch aufgeschriebene Meßwerte und die Ergebnisse der verschiedenartigsten Beobachtungen und Untersuchungen mit zur Erde. All das wird dann ausgewertet und zur Festlegung von Aufgaben für nächste Flüge verwendet.

Für unsere astronomischen Beobachtungen werden die atmosphärischen Störungen natürlich keine große Bedeutung haben. Wir begnügen uns mit den Instrumenten und Bedingungen, die es bei uns gibt.

FARBIGE LICHTSIGNALLE AUS FERNEN WELTEN. Außer den optischen Fernrohren, mit denen man ferne Welten sehen und bestimmte Himmelsabschnitte zur ausführlicheren Untersuchung fotografieren kann, gibt es spezielle Geräte zum Empfang von Radiosignalen, die durch komplizierte physikalische Prozesse in entfernten Gebieten unseres Milchstraßensystems entstehen. Ferner gibt es Geräte zur Untersuchung der kosmischen Strahlung, und mit Hilfe spezieller Teleskope wird die Röntgenstrahlung der Sonne und anderer Sterne registriert.

Es gibt ein weiteres interessantes Verfahren, ferne Welten zu untersuchen. Es erlaubt, die chemische Zusammensetzung ferner Sterne sowie ihre Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit zu ermitteln.

Das ist die Spektralanalyse. Mit den Spektroskopen empfängt man aus dem Kosmos eigenartig verschlüsselte Mitteilungen. Die Enträtselung der Farbensprache dieser Mitteilungen führte zu vielen neuen Erkenntnissen über das Weltall.

Um zu verstehen, wie die Farbmitteilungen ferner Welten zu lesen sind, seien einige Versuche angestellt.

EIN SONNENSTRAHL UND SEINE VERWANDLUNG. Beginnen wir mit dem Sonnenstrahl. Ein dreikantiges Glasprisma werdet ihr sicherlich nicht besitzen. Dafür aber vielleicht einen Spiegel mit einer dicken Glasscheibe. Die Ränder von Spiegeln mit dicker Glasscheibe sind immer abgeschrägt. Lenkt mit Hilfe eines kleinen Spiegels einen Sonnenstrahl auf den Rand. Er trifft unter kleinem Winkel auf den Spiegelbelag, wird reflektiert und tritt teilweise aus dem abgeschrägten Rand wieder aus. Ihr könnt dann an der Wand oder einem vorgehaltenen Blatt Papier einen farbigen Streifen sehen – einen Regenbogen. Ein Regenbogen kann im Zimmer auch zufällig entstehen. An sonnigen Tagen sieht man an der Wand oder an der Decke gegenüber dem Spiegel oft einen schönen Farbstreifen.

Die Farben des Spektrums gehen kontinuierlich ineinander über. Man kann sieben Farben deutlich unterscheiden:

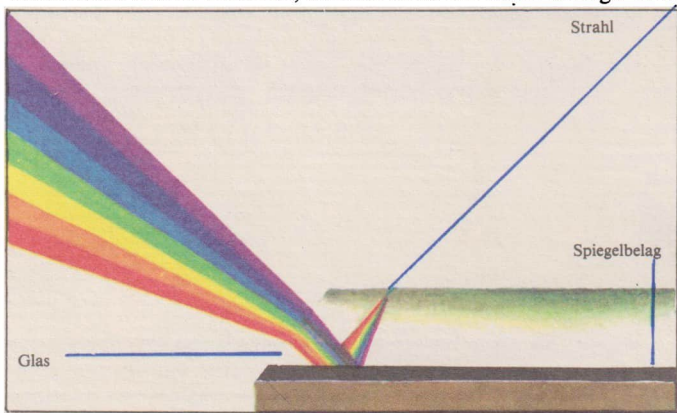
rot,
orange,
gelb,
grün,
blau,
dunkelblau,
violett.

Mit den einzelnen Farben des Spektrums lassen sich interessante Versuche ausführen. Man kann z. B. eine Farbe mit der übernächsten Farbe mischen, um eine dritte Farbe zu erhalten – die zwischen

ihnen liegende. Rot und gelb gemischt ergeben orange; orange und grün gemischt ergeben gelb, gelb und blau ergeben grün, grün und dunkelblau ergeben blau usw.

Im Laboratorium mischt man farbiges Licht mit Hilfe von Projektionslampen und farbigen Glasscheiben (Lichtfiltern). Uns stehen derartige Mittel nicht zur Verfügung. Deshalb werden wir nicht verschiedene Farben des Lichtspektrums mischen, sondern verschiedene Tuschkastenfarben. Dazu verwenden wir einen einfachen selbstgebauten Kreisel.

Schneidet aus weißem Zeichenpapier einige Kreise mit einem Durchmesser von 4,5–5 cm aus und einen ebensolchen Kreis aus sehr dicker Pappe. Die Papierkreise teilt mit Haarlinien (damit sie später nicht zu sehen sind) in acht gleiche Sektoren. Streicht die Sektoren abwechselnd mit den zwei Farben an, die ihr mischen wollt, z. B. rot und gelb. Die Farbe darf nicht zu dick aufgetragen werden; das weiße Papier muß durchleuchten. Die Farbe muß auch gleichmäßig verteilt sein. Um das zu erreichen, feuchtet man den zu bemalenden Sektor zuerst an, entfernt dann das überschüssige Was-

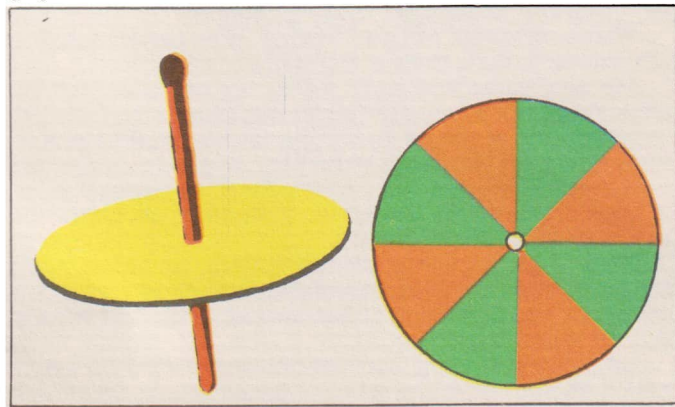


ser mit einem Pinsel und trägt die vorher aufgelöste Farbe auf das gleichmäßig feuchte Papier auf. Nachdem die Farbe getrocknet ist, breite man den Kreis auf der Pappscheibe aus und durchstoße beide mit einem angespitzten Streichholz. Laßt den Kreisel auf einer glatten Fläche tanzen, und ihr werdet sehen, daß ein oranger Farbton entsteht.

Zur mehrmaligen Wiederholung dieses Versuches empfiehlt es sich, das Zeichenpapier auf die Pappe zu kleben und so viele Kreisel anzufertigen, wie ihr gemischte Farbtöne erzeugen wollt.

Zur Mischung von Farben kann man auch folgende Versuche anstellen. Im Spektrum gibt es sogenannte Komplementärfarben. Bei optischer Mischung liefern sie Weiß. Das sind die Farbpaare: rot und blaugrün, orange und blau, gelbgrün und violett. Wenn man mit dem Kreisel die drei Farben rot, grün und dunkelblau mischt, ergibt sich auch Weiß.

Rot, grün und dunkelblau sind die Grundfarben der Farbphotographie und des Farbfernsehens.



Mit unserem Kreisel läßt sich natürlich nur schwer eine ganz weiße Farbe mischen. Denn sogar die besten Aquarellfarben enthalten Verunreinigungen. Je feiner und durchsichtiger die Sektoren angemalt werden, desto besser ist das Ergebnis.

Es ist nicht richtig, das Wort „Farbe“ auf Weißes oder Schwarzes anzuwenden. Eine weiße Farbe gibt es nicht. Weiß ist die optische Summe aller Farben. Schwarz bedeutet, daß es kein Licht und damit auch keine Farbe gibt. Es ist aber nun mal üblich, auch von „weißer“ und „schwarzer Farbe“ zu sprechen.

Kunstmaler verwendeten diese Eigenschaft—das sich Vermischen verschiedener Farben—sehr häufig. Es gab sogar eine spezielle Kunstrichtung—den Puantelismus. Der Maler trug auf die Leinwand die reine Farbe mit kurzen Pinselstrichen auf, wobei sich verschiedene Farben so einander abwechselten, daß in einer gewissen Entfernung beim Beschauer der Eindruck eines neuen Farbtones entstand.

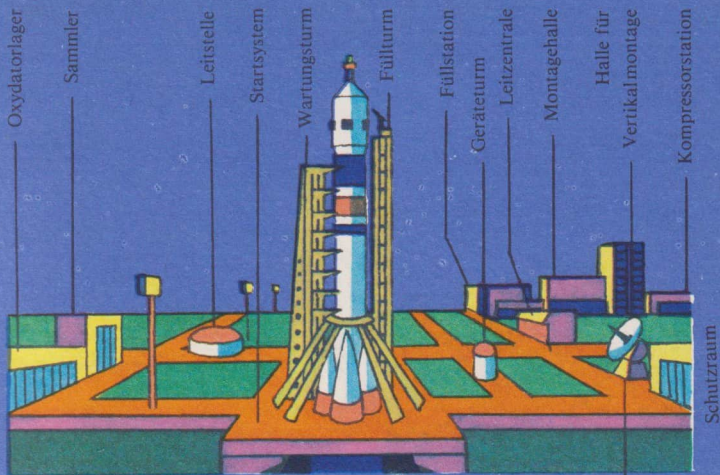
UNTERHALTEN WIR UNS ÜBER WELLEN. Warum zerlegt ein Glasprisma weißes Licht in farbige Strahlen?

Warum verwandelt sich ein Lichtfleck, hervorgerufen von Sonnenstrahlen, in einen farbigen Streifen?

Das gewöhnliche Sonnenlicht, welches von der Sonne mit 8 Minuten Verspätung bei uns eintrifft, hat eine komplizierte Natur. Es ist bekannt, daß es sich um Lichtwellen handelt, um elektromagnetische Wellen von sehr kurzer Wellenlänge, ähnlich den Radio- und Fernschwellen. Während aber die Wellenlänge der Radiowellen viele Meter betragen kann, beträgt die Wellenlänge des Lichtes nur millionstel Teile eines Millimeters.

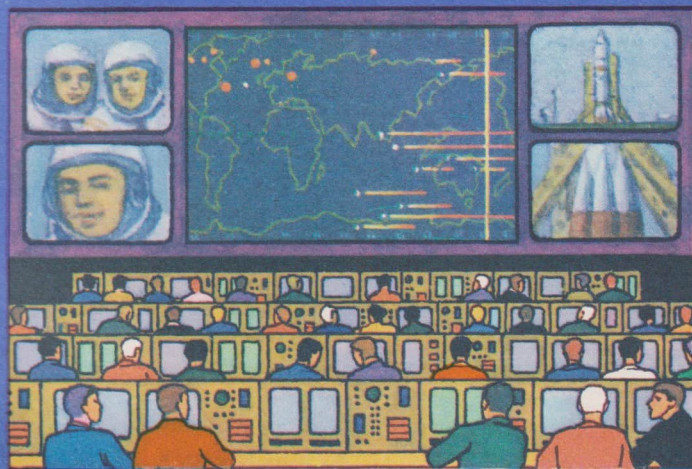
Weißes Licht besteht aus farbigen Strahlen, was unsere Augen jedoch im einzelnen nicht wahrnehmen. In einem dreikantigen Glasprisma wird es jedoch in farbige Strahlen zerlegt, und es ergibt sich ein bunter Streifen.

Die größte Wellenlänge des wahrnehmbaren Lichtes hat das rote Licht. Es wird vom Prisma am schwächsten abgelenkt. Die kürzeste



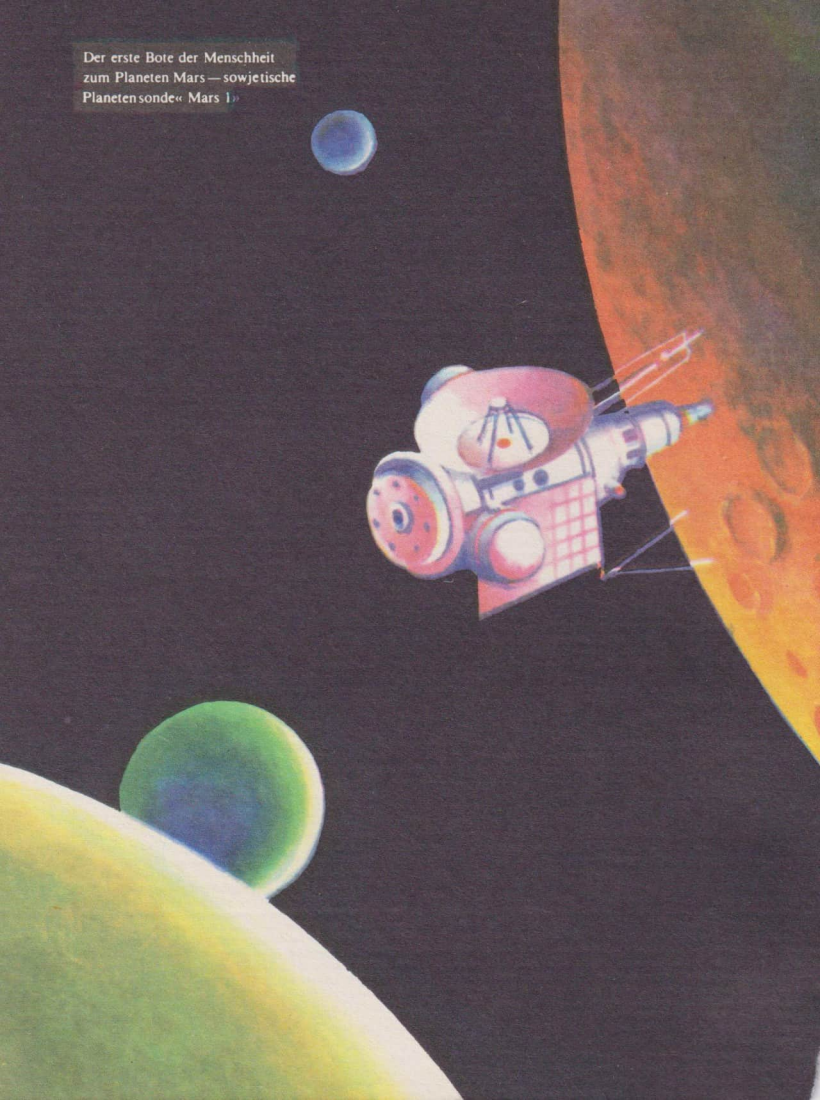
Moderner Raketenstartplatz

Radaranlage



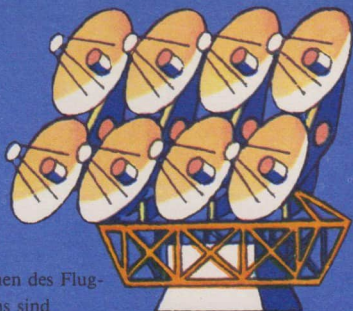
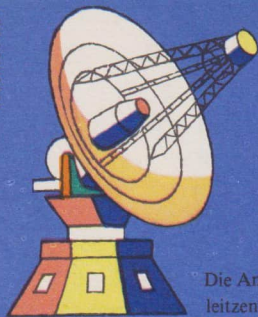
Flugleitzentrum

Der erste Bote der Menschheit
zum Planeten Mars—sowjetische
Planeten sonde« Mars 1»

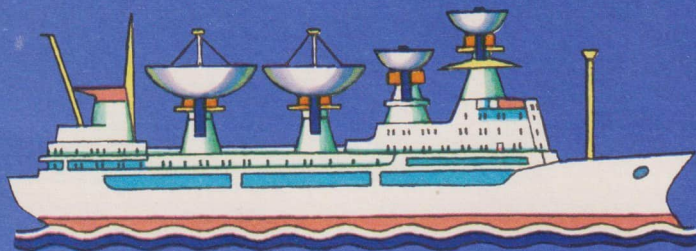




Die Erde «hört dem
Kosmos zu»

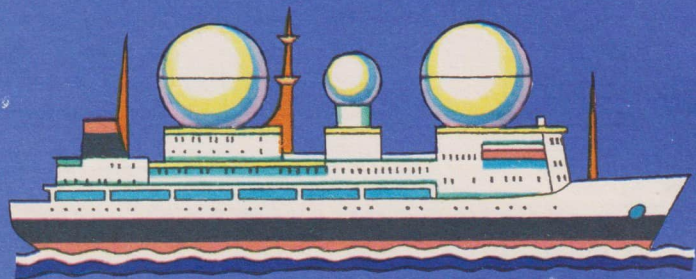


Die Antennen des Flug-
leitentrums sind
ständig im Einsatz.



Forschungsschiff
«Kosmonaut Juri Gagarin»

Forschungsschiff
«Kosmonaut Wladimir Komarow»



Wellenlänge hat das violette Licht. Es wird von allen Farben am stärksten abgelenkt. Alle anderen Farben liegen folglich zwischen rot und violett.

DIE AUSSAGEN EINES SPEKTRUMS. Ein Glasprisma zerlegt einen Sonnenstrahl in einen Streifen von Regenbogenfarben. Dieser Streifen ist relativ schmal; einen sehr breiten Streifen, in dem die Farben sehr langsam ineinander übergehen, liefert das sogenannte Spektroskop. Es besitzt eine spezielle Skala zur Angabe des an der betrachteten Stelle vorliegenden Farbtones. Experimente haben gezeigt, daß glühende Festkörper ein kontinuierliches Spektrum geben, heiße Gase aber nicht – sie ergeben nur einige farbige Streifen, die so schmal sind, daß man sie Linien nennen kann.

So strahlt z. B. heißer Natriumdampf nur zwei dicht nebeneinanderliegende gelbe Linien aus.

Betrachtet man ein kontinuierliches Spektrum durch kühleren Natriumdampf, der nicht leuchtet, so sieht man an der Stelle der Spektroskopskala, an der die gelben Natriumlinien liegen würden, zwei dicht nebeneinanderliegende schwarze Linien. Der kühlere Natriumdampf hält die zwei Farben, die er im heißen Zustand aussendet, zurück, läßt aber alle übrigen Farben des kontinuierlichen Spektrums durch.

Im kontinuierlichen Spektrum der Sonne (oder eines anderen Sterns) gibt es viele schwarze Linien. Das liegt daran, daß das Licht in heißen Schichten entsteht, denen wesentlich kältere Gase überlagert sind, und jedes dieser Gase hält auf seine Weise Linien zurück.

Jede Gruppe schwarzer Linien gehört einem bestimmten Gas an. Diese Gruppen lassen sich durch Vergleich ermitteln, und damit läßt sich aussagen, welche Gase es auf der Sonne oder irgendeinem anderen Stern gibt.

Dabei hat sich gezeigt, daß alle auf der Sonne und den Sternen entdeckten chemischen Elemente auch bei uns auf der Erde vorkommen.

Einst entdeckte man mit Hilfe des Spektroskops auf der Sonne ein Gas, das auf der Erde nicht bekannt war. Es wurde nach der lateinischen Bezeichnung der Sonne Helium genannt. Erst 26 Jahre später fand man Helium auf der Erde. Es ist nach Wasserstoff das zweitleichteste Gas und wird heute in der Industrie und in den wissenschaftlichen Laboratorien zu verschiedensten Zwecken verwendet.

Rahmt auf einem Blatt Transparentpapier mit schwarzer Tusche einen Streifen von der in der Abbildung gezeigten Größe ein und tragt dann die schwarze Linie ein, die sich an der Stelle der zwei feinen gelben Natriumlinien befindet. Oben zeigt die Abbildung ein kontinuierliches Spektrum. Legt darauf das Blatt Transparentpapier. Damit habt ihr das Absorptionsspektrum des Natriums erhalten.

Dabei ersetzt das Blatt Transparentpapier die Natriumdämpfe, durch die das kontinuierliche Spektrum betrachtet wird. Nehmt die „Dämpfe“ weg, und ihr erhaltet wieder das Spektrum ohne das „Autogramm“ des Natriums.

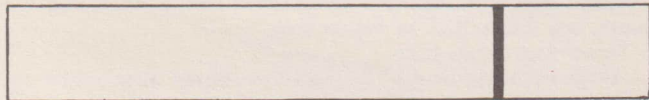
Die schwarzen Absorptionslinien im Sonnenspektrum lassen sich mit einem Spektroskop gut erkennen. Sie werden von der weniger heißen, äußeren Gashülle der Sonne hervorgerufen. Bei einer totalen Sonnenfinsternis, bei der der Mond die Sonnenscheibe verdeckt, bleibt diese weniger heiße, aber doch leuchtende Gashülle unverdeckt, und dann kann man im Spektroskop ihr Emissionsspektrum beobachten. Dort, wo früher schwarze Linien waren, treten jetzt die farbigen Linien der Gase in der äußeren heißen Gashülle der Sonne auf. Obwohl die Linien recht hell sind, gilt ihr Entstehungsbereich als der kälteste Bereich der Sonne. Im Sonneninneren herrschen nämlich 20 Millionen Grad, während in der als Sonnenoberfläche geltenden Photosphäre nur sechstausend Grad herrschen. Die heiße Gashülle der Sonne hat eine noch niedrigere Temperatur.

Sonnenfinsternisse kann man mit einer gut beruhten Glasscheibe beobachten. Noch besser ist eine Photoplatte, die vorher belich-

Kontinuierliches Spektrum



Emissionsspektrum des Natriums



Transparentpapier

Natriumlinie



Absorbtionsspektrum des Natriums



tet, entwickelt und fixiert wurde. Dabei ergibt sich eine gleichmäßig geschwärzte Glasplatte, die zur Beobachtung sehr gut geeignet ist. Bevor sich der Mond vor die Sonne schiebt, sieht man die Sonne durch eine solche Platte als eine helle, aber nicht grelle Kreisscheibe.

EIN „REGENBOGEN“ IM WELTRAUM. „Eine ungewöhnliche Schönheit!“ Das sind Worte des Erstentdeckers des Weltraumes Juri Gagarin. In seinem Tagebuch kann man lesen: „Als ich zum Horizont schaute, sah ich, wie sich die helle Erdoberfläche scharf vom ganz schwarzen Himmel abhob. Es war so, als sei unser Planet von einem blauen Lichtkranz umgeben. Der Kranz wurde allmählich dunkler, erst violett und danach schwarz. Dieser Übergang ist sehr schön, und er läßt sich nur schwer mit Worten beschreiben. Sogar in unserer reichen russischen Sprache findet man kaum solche Ausdrücke, um dieses Bild zu beschreiben.“

Weiter kann man lesen:

„Beim Heraustreten des Raumschiffes aus der Schattenseite der Erde in deren Tagseite sah die Erde so aus. Zuunterst lag ein oranger Kranz. Er ging ganz allmählich in den uns schon bekannten blauen Farbton über, danach wieder ins Dunkelviolette und fast Schwarze. Die Farbzusammensetzung ist kaum beschreibbar. Sie bleibt lange im Gedächtnis.“

Der zweite Kosmonaut der Welt war der sowjetische Kosmonaut German Titow. Er machte im Weltraum einige Farbaufnahmen von der Erde. Die eine Aufnahme wurde beim Heraustreten des Raumschiffes aus dem Erdschatten gemacht und zeigt um den gekrümmten Erdhorizont einen Lichtkranz mit den Regenbogenfarben, den Gagarin beschrieben hat.

Die Erdatmosphäre stellt ein gigantisches Prisma dar, das das Sonnenlicht in seine Farbbestandteile zerlegt.

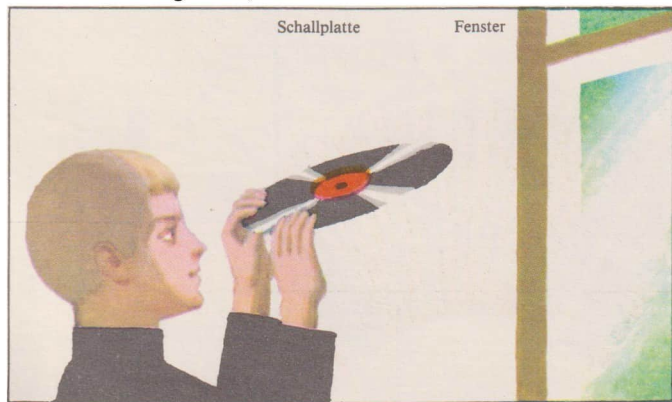
Natürlich kann eine Photographie nicht den wirklichen Farb-reichtum, den wir in der Natur vorfinden, wiedergeben.

In dem jetzt zu beschreibenden Versuch könnt ihr auch die

Schönheit der Naturfarben sehen. Dieser Versuch wird euch und auch den Zuschauern sicherlich viel Vergnügen bereiten. Allerdings entstehen die leuchtenden Farben nicht im Ergebnis der Brechung von Licht in einem Prisma, sondern infolge einer Beugungserscheinung. Es handelt sich dabei jedoch um eine einfache Methode, unter häuslichen Bedingungen ein ausgezeichnetes Spektrum zu erhalten, das sogar besser ist, als das sich in einem dicken Spiegel bildende.

Eine Langspielplatte wird vor dem Fenster gegen das Tageslicht gerichtet und horizontal an das Nasenbein, etwas unterhalb der Augen, gehalten. Dabei schaut man auf die sich vor den Augen befindlichen Rillen. Der gegenüberliegende Rand der Schallplatte soll sich in eurem Blickfeld etwas unter der oberen Fensterkante befinden; zwischen dem Rand und der Fensterkante muß der Himmel zu sehen sein. Wenn man den Arm ausstreckt, so soll der Himmelsstreifen ein bis zwei Finger breit sein.

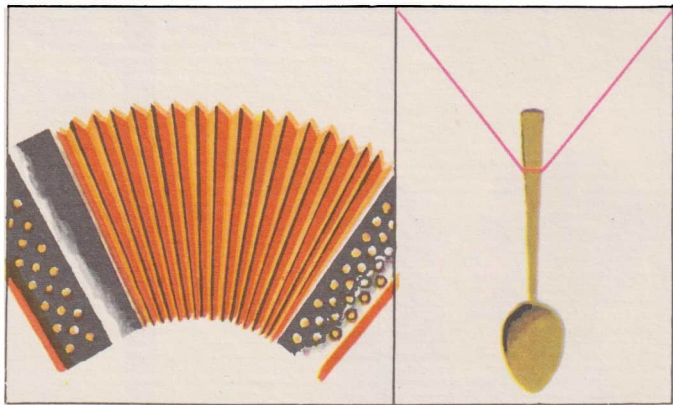
Wenn der gegenüberliegende Rand der Schallplatte etwas hoch und runter bewegt wird, seht ihr auf den Rillen vor euch einen



leuchtenden farbigen Streifen. Bei einer bestimmten Neigung der Schallplatte ist er besonders hell.

EIN KOSMISCHES RÄTSEL. Bei der Untersuchung der Spektren ferner Sterne stießen die Astronomen auf eine unverständliche Erscheinung: In den Spektren einiger Sterne lagen die schwarzen Linien, die für bestimmte chemische Elemente charakteristisch sind, nicht an den Stellen, an denen sie normalerweise hätten liegen müssen. Die Verschiebung ist klein, aber merklich! Sie ändert sich von Stern zu Stern und ist meistens zum roten Teil des Spektrums hin gerichtet. Das war ein Rätsel, das aber schnell gelöst wurde. Man hat diese Erscheinung sogar zu praktischen Zwecken benutzt. Man erhielt durch die Verschiebung über ferne Sterne Angaben, die sich auf andere Weise nicht erlangen lassen. Diese Erscheinung wurde „Rotverschiebung“ genannt, weil die Spektrallinien der Sterne zum roten Spektrumteil verschoben waren.

Um das Geheimnis der „Rotverschiebung“ besser zu verstehen, kehren wir zu den Wellen zurück.



SCHALLWELLEN. Bekanntlich sind Schallwellen Longitudinalwellen (längslaufende Wellen). Wie sehen sie aus? Longitudinalwellen sind in der Natur nicht sichtbar. Lichtwellen lassen sich leichter veranschaulichen; denn sie sind transversal (querlaufend) und somit stellen Wasserwellen ein Modell dar, das zwar grob ist, dennoch eine Vorstellung von der Natur der Lichtwellen vermittelt.

Ausbreiten und Zusammenziehen des Blasebalgs eines Akkordeons verschaffen eine Vorstellung über Longitudinalwellen.

Sie bestehen aus aufeinanderfolgenden Verdichtungen und Verdünnungen, die sich im betrachteten Medium mit der Schallgeschwindigkeit fortpflanzen.

Eine Schallwelle hat in Luft die Geschwindigkeit 340 m/s (bei mittlerer Temperatur und mittlerer Luftfeuchtigkeit). Mit dieser Angabe kann man bei einem Gewitter ausrechnen, in welcher Entfernung es geblitzt hat. Dazu sind die Sekunden zu zählen, die bis zum Eintreffen des von dem Blitz erzeugten Donners vergehen, und mit 300 zu multiplizieren. Das ergibt die ungefähre Entfernung des Ortes, an dem es geblitzt hat, in Metern.

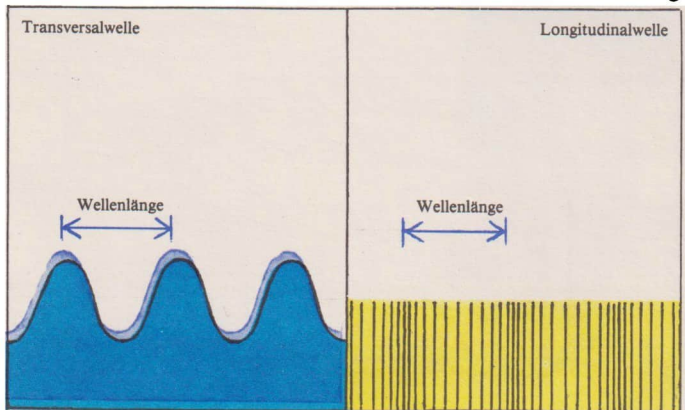


Der Komprimierbarkeit der Luft verdanken wir die Möglichkeit, miteinander sprechen und Musik hören zu können. Trotzdem ist die Luft kein idealer Schalleiter. Am besten leiten feste Körper Schall. Danach kommen die Flüssigkeiten und erst dann die Gase.

Um euch davon zu überzeugen, daß Luft kein idealer Schalleiter ist, stellt folgenden alten Versuch an.

Hängt einen metallischen Eßlöffel an zwei 30 cm langen Schnüren auf. Stoßt mit dem hängenden Löffel gegen den Tischrand, ihr hört einen schwachen Ton. Drückt ihr aber etwas nach vorne geneigt, damit der Löffel frei schwingen kann, die Enden der Schnüre an die Ohren, hört ihr einen lauten schönen Ton. Der Ton wurde über die Schnüre an eure Ohren geleitet und ist nicht mit dem schwachen Ton von vorher vergleichbar.

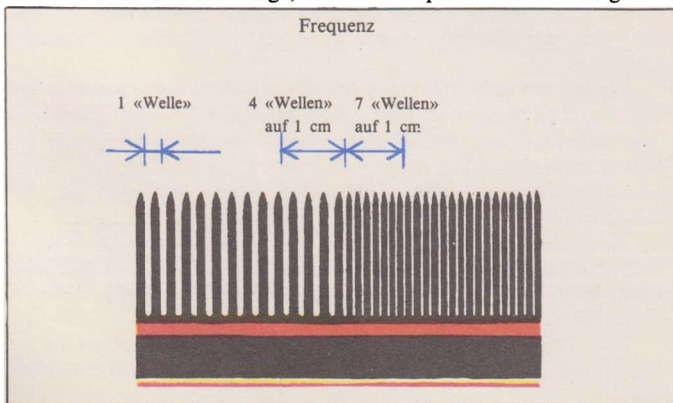
Wie elastische Schwingungen in festen Körpern übertragen werden, kann man auch an folgendem Versuch verfolgen. Legt Damesteine (oder auch Münzen) dicht nebeneinander in eine Reihe. Drückt mit zwei Fingern einen äußeren Stein fest an und schlägt



flach mit einem Lineal dagegen. Der Schlag soll scharf, aber nicht stark sein. Die dabei entstehende elastische Schwingung durchläuft den angedrückten Stein und wird auf den anliegenden Stein übertragen usw., bis sie zum letzten Stein gelangt, der dann wegspringt, weil er den erhaltenen Stoß nicht weiter geben kann.

WELLENLÄNGE UND FREQUENZ. Die Wellenlänge einer Transversalwelle ist gleich dem Abstand benachbarter Wellenberge oder -täler. Die Wellenlänge einer Longitudinalwelle ist gleich dem Abstand benachbarter zusammengedrückter oder auseinandergezogener Mediumschichten.

Ein Kamm hat auf der einen Hälfte große Zinken, auf der anderen Hälfte kleine. Stellen wir uns vor, daß die Zinken schematisch eine Longitudinalwelle darstellen. Die Wellenlänge ergibt sich dann aus Addition der Dicke einer Zinke und des Abstandes benachbarter Zinken. Zählt, wieviel Wellenlängen auf 1 cm Kamm­länge entfallen. In der einen Hälfte können es vier sein, in der anderen sieben. Auf die Frage, wo die Frequenz der Zinken größer



ist, antwortet ohne zu zögern, dort, wo auf 1 cm sieben Zinken entfallen. Wahrscheinlich habt ihr auch bemerkt, daß die Zinken größer sind und einen größeren Abstand dort haben, wo die Frequenz der Zinken kleiner ist, d. h., wo auf 1 cm weniger Zinken entfallen. Hier ist die Wellenlänge größer—sie hängt von der Frequenz der Zinken ab.

Bei einer Schallschwingung oder einer elektromagnetischen Schwingung ist die Frequenz gleich der Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde. Wenn sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schwingungen nicht ändert, ist die Wellenlänge um so kürzer, je mehr Schwingungen in einer Sekunde erfolgen. Und umgekehrt sind die Wellen um so länger, je weniger Schwingungen in einer Sekunde erfolgen.

EINE LOKOMOTIVE PFEIFT. Einen Ton charakterisiert man gewöhnlich nicht durch seine Wellenlänge, sondern durch seine Frequenz. Je größer die Frequenz ist, d. h. die Zahl der Schwingungen pro Sekunde, desto höher ist der Ton.

Habt ihr schon einmal im Zug sitzend beobachten können, wie sich der Pfeifton einer entgegenkommenden Lokomotive ändert?

Wenn man weitab von den Eisenbahngleisen steht und eine vorbeifahrende Lokomotive pfeift, stellt man keine Veränderungen im Ton fest. Dicht an den Gleisen stehend oder noch besser der Lokomotive in einem Zug entgegenfahrend, kann man aber gut hören, wie sich der Ton ändert. Der Pfiff dauert vielleicht nur 2–3 Sekunden.

Das reicht jedoch aus, um zu hören, daß der Ton in dem Moment, in dem die Lokomotive an euch vorbeifährt, tiefer wird. Der Pfiff ist dem Laut „IUAAA“ ähnlich, wobei A tiefer klingt als I.

Der Ton selbst ändert sich natürlich nicht, nur hört man ihn beim Entgegenkommen und Wegfahren der Lokomotive verschieden.

Wie kommt das?

Stellen wir uns vor, wir fahren in einem Zug mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h. Eine Lokomotive auf dem benachbarten Gleis fährt uns mit der gleichen Geschwindigkeit entgegen und pfeift beim Vorbeifahren. Der Einfachheit halber stellen wir uns vor, daß die pfeifende Lokomotive sich nicht bewegt und unser Zug sich mit der Geschwindigkeit von 120 km/h nähert. Das spielt für unsere Überlegungen keine Rolle. Die Schallwellen des Pfeiftones breiten sich in alle Richtungen aus und zwar mit derselben Geschwindigkeit. Würden wir still stehen, nähmen wir z.B. 1000 Schwingungen pro Sekunde wahr. Da wir uns den Wellen aber entgegen bewegen, ist der pro Sekunde sich an uns vorüber ausbreitende Wellenabschnitt länger, so daß wir mehr als 1000 Schwingungen wahrnehmen, sagen wir, 1200. Die Frequenz ist also gewachsen, d. h., der Ton ist höher geworden, als er in Wirklichkeit an der Schallquelle ist.

Wenn man sich aber von einer pfeifenden Lokomotive entfernt, wird man pro Zeiteinheit weniger Schallwellen empfangen, so daß die Frequenz abgenommen hat und der Ton tiefer geworden ist.

Merkt euch, daß diese Erscheinung nur bei einer Bewegung auftreten kann, also wenn ihr mit einer großen Geschwindigkeit einer Schallquelle entgegenfährt oder euch davon entfernt.

Die Frequenzänderung einer Welle, die durch eine Bewegung der Schallquelle oder des Beobachters hervorgerufen wird, heißt „Dopplereffekt“, nach dem österreichischen Physiker und Astronomen Christian Doppler. Er entdeckte und erklärte diese Erscheinung erstmals im Jahre 1842.

DER DOPPLEREFFEKT AUF ZEICHNUNGEN. Diese Versuche sind nur „lebendige“ Bilder, die den Dopplereffekt illustrieren sollen. Die Modelle und die mit ihnen angestellten Versuche sind ebenso schematisch wie die Zeichnungen, mit denen Wellenprozesse dargestellt werden. Ihr werdet aber nicht unbewegliche Darstellungen

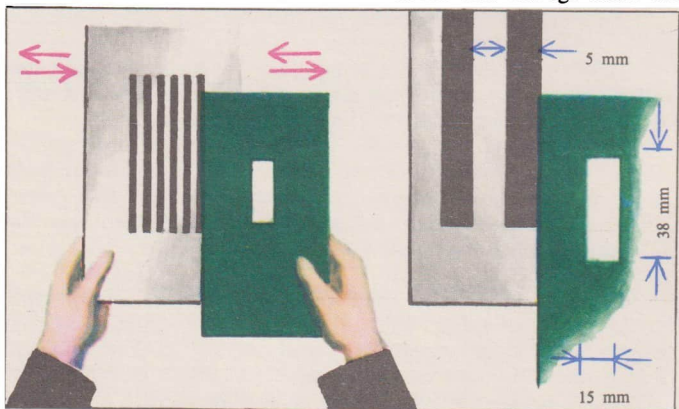
gen in der Form von Zeichnungen sehen, sondern sich vor euren Augen ändernde Bilder.

Zwei Modelle werden betrachtet. Das erste Modell ist sehr einfach; die „Wellen“ lassen sich dabei nur zusammendrücken, und folglich kann sich die Frequenz nur erhöhen. Das zweite Modell ist komplizierter und ermöglicht es, sowohl ein Zusammendrücken wie auch ein Auseinanderziehen der „Welle“ zu beobachten.

Auf ein Blatt Zeichenpapier von 20 cm \times 25 cm Größe werden mit schwarzer Tusche 15 cm lange und 5 mm breite parallele Streifen gemalt, der Streifenabstand soll auch 5 mm betragen. Die Streifen stehen für die Verdichtungen einer Schallwelle. Der Abstand zwischen dem Anfang des einen schwarzen und dem des benachbarten schwarzen Streifens ist also gleich der Wellenlänge.

In ein zweites Blatt Papier (das etwas kleiner sein kann) schneide man in der Mitte ein 1,5 cm \times 3,8 cm großes Fenster.

Nehmt in die linke Hand das Blatt mit den „Wellen“ und in die rechte Hand das Blatt mit dem Fenster. Schaut durch das Fenster auf die vertikal verlaufenden Wellenflächen und bewegt dabei die



zwei Blätter schnell aufeinander zu. Wenn die Bewegung schnell genug erfolgt, sieht man, daß die „Wellen“ enger werden. Dabei ist darauf zu achten, daß über dem Blatt mit dem Fenster die schwarzen Streifen im Blickfeld bleiben. Sie dienen zum Vergleich, um den Unterschied in der Wellenausdehnung über dem Blatt und im Fenster zu erkennen.

Dieser Versuch läßt sich noch einfacher ausführen, und zwar mit einem Kamm, der oben schon im Zusammenhang mit dem Frequenzbegriff verwendet wurde. Haltet den Kamm in der linken Hand horizontal, das Fenster in der rechten Hand und bewegt beides gegeneinander, aber nicht sehr schnell. Am besten führt man diesen Versuch vor hellem Hintergrund aus. Dabei sind die großen Zinken durch das Fenster zu betrachten. Man wird sehen, daß die Zinken und der Abstand zwischen ihnen kleiner werden, etwa so klein wie auf der Hälfte mit den kleinen Zinken.

Stellt jetzt folgenden Versuch an. Malt auf ein Blatt Papier nebeneinander auf gleicher Höhe schwarze Kreise von 2 cm Durchmesser und einem Abstand von 8 mm.

Nehmt dann das Blatt in die linke Hand, das Blatt mit dem Fenster in die rechte Hand und bewegt beide Blätter wie früher schnell gegeneinander. Durch das Fenster seht ihr, daß die schwarzen Kreise schmaler geworden sind, zu Ellipsen wurden, und der Abstand zwischen den Kreisen (Ellipsen) auch abnimmt.

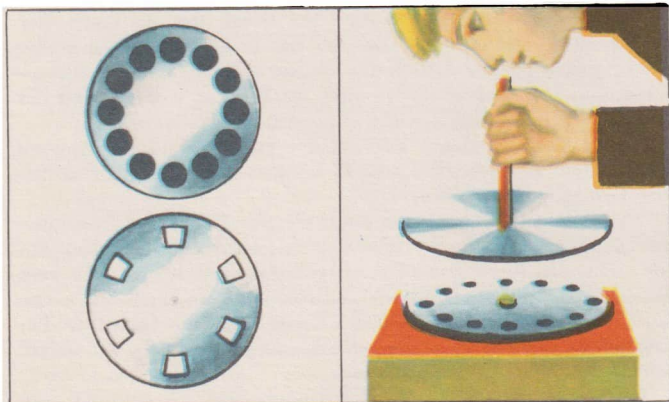
Besser läßt sich dieser Versuch mit Hilfe eines Plattenspielers durchführen. Die Drehzahl soll 78 Umdrehungen pro Minute betragen, also maximal sein.

Schneidet aus Pappe einen Kreis von der Größe des Plattentellers aus. Wenn die Pappe nicht weiß ist, klebt auf sie weißes Papier. Teilt den Kreis in 12 Sektoren und schlägt 1,5 cm weit vom Rand entfernt in jedem Sektor mit einem Zirkel einen Kreis von 2,2–2,5 cm Durchmesser. Malt die Kreise dann mit schwarzer Tusche aus. In der Mitte der Pappscheibe macht ein Loch, um sie auf den Plattenteller legen zu können.

In eine zweite solche Pappscheibe schneidet 1,5 cm weit vom

Rand entfernt symmetrisch sechs trapezförmige Löcher; die Trapeze sollen außen 2,2 cm breit, innen 1,5 cm und 2,2 cm hoch sein. Durch den Mittelpunkt macht ein kleines Loch. Auf einen Nagel steckt ein kleines Stück Pappe und danach die Kreisscheibe mit den sechs Öffnungen. Wenn der Nagel vertikal mit dem Kopf nach unten gehalten wird, muß sich die Kreisscheibe leicht drehen lassen.

Schaltet nun den Plattenspieler mit der draufgelegten Pappscheibe mit den schwarzen Kreisen ein. Darüber haltet die Kreisscheibe mit den Öffnungen, dreht sie mit der Hand in die entgegengesetzte Richtung und beobachtet durch die Öffnungen, was mit den schwarzen Kreisen passiert. Sie wurden in Bewegungsrichtung enger; sie haben sich in schwarze Ellipsen verwandelt. Bei einer bestimmten Drehgeschwindigkeit der Kreisscheibe auf dem Nagel wird das Bild besonders scharf und stabil. Der Versuch simuliert den Fall der Bewegung des Beobachters entgegen der Schallausbreitung. Die „Wellen“ wurden kürzer, und die Frequenz nahm zu.



Laßt uns nun beobachten, was mit den „Wellen“ passiert (d. h. mit den schwarzen Kreisen), wenn der Beobachter hinter den „Wellen“ zurückbleibt. Die „Wellen“ werden dabei länger, d. h., die Kreise werden in Bewegungsrichtung länger, verwandeln sich in liegende Ellipsen. Davon überzeugt man sich leicht, indem die Kreisscheibe am Nagel in Richtung des Plattentellers gedreht wird. Bei einer bestimmten Drehgeschwindigkeit, die etwas kleiner ist als die des Plattentellers, sieht man die Verlängerung der „Wellen“ besonders scharf.

Um die Verformungen der schwarzen Kreise besser verfolgen zu können, ist der Plattenteller gut zu beleuchten.

Die Pappscheibe am Nagel muß nicht unbedingt parallel zum Plattenteller sein, man kann sie auch etwas geneigt halten.

DAS GEHEIMNIS DER ROTVERSCHIEBUNG. Die Erklärung der Rotverschiebung sahen die Wissenschaftler im Dopplereffekt der Lichtwellen.

Wenn sich ein Stern, die Quelle der Lichtwellen, uns nähert oder sich von uns entfernt (und zwar mit kosmischen Geschwindigkeiten), so muß sich die Wellenlänge des ausgestrahlten Lichtes ändern.

Heute benutzt man den Dopplereffekt nicht nur dazu, um zu erfahren, ob sich ein Stern oder sogar anderes Milchstraßensystem auf uns zu oder von uns weg bewegt, sondern auch zur Ermittlung der Bewegungsgeschwindigkeit.

Wie werden die Beobachtungen ausgeführt?

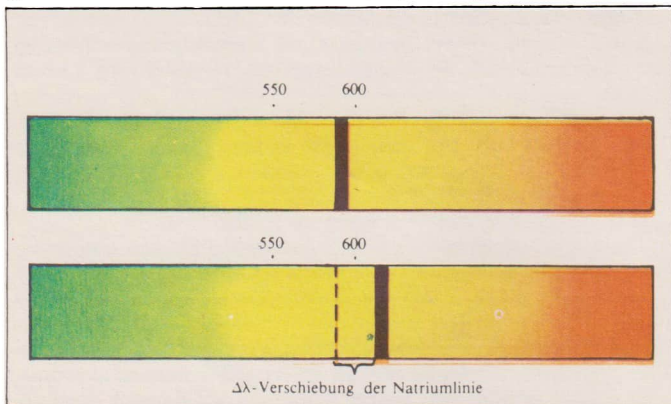
Die Sternspektren enthalten in ihren bunten Streifen dunkle Linien. Diese Linien liegen an ganz bestimmten Stellen im Spektrum. Wenn das von einem glühenden Körper (Sonne oder Stern) ausgesandte Licht ein weniger heißes Gas irgendeines chemischen Elementes durchdringt, so „nimmt“ dieses Gas aus dem kontinuierlichen Spektrum die Farbe heraus, die es selbst aussenden würde, wenn es heiß genug wäre. Früher hatten wir als Beispiel Natrium-

dampf betrachtet: Leuchtet er, sieht man im Spektroskop eine leuchtende gelbe Linie. Dringt aber durch nicht leuchtenden Natriumdampf ein kontinuierliches Spektrum, erhält es in seinem gelben Teil eine schwarze Linie. Sie liegt an einer ganz bestimmten Stelle der Wellenskala und besitzt demzufolge eine ganz bestimmte Wellenlänge. Ist die Natriumlinie aber z. B. zum roten Spektrumteil hin verschoben, d. h., haben sich alle Wellenlängen etwas vergrößert, so bedeutet das, daß das Licht von einem Stern kommt, der von uns wegfliht. Aus der Größe der Natriumlinienverschiebung kann man berechnen, wie schnell er sich entfernt.

Das ist ein sehr vereinfachtes Beispiel. Sternspektren enthalten sehr viele dunkle Linien, was von vielen verschiedenen chemischen Elementen in den Sternatmosphären zeugt.

Aus der Wellenlänge dieser Linien und ihrer Verschiebung von der Stelle, wo sie sich befinden sollen, ziehen die Wissenschaftler ihre Schlußfolgerungen.

Die Entfernungen zu unseren kosmischen Nachbarn sind sehr groß. Sie werden in Milliarden Lichtjahren gemessen. Man hat



Milchstraßensysteme entdeckt, die von uns 8 Milliarden Lichtjahre entfernt sind! Um sich die Entfernung „1 Lichtjahr“ vorstellen zu können, muß man wissen, daß Licht in einer Sekunde 300 000 km zurücklegt. Welchen Weg legt es dann in einer Minute, Stunde und in einem Jahr zurück?

Alles, was man am Himmel an entfernten Orten des Alls sehen kann, ist nicht das, was es dort gegenwärtig gibt. Denn die uns erreichenden Strahlen haben ihre Quellen schon vor sehr langer Zeit verlassen. Möglicherweise gibt es einige Sterne schon gar nicht mehr, und wir sehen sie noch ...

DER DRACHEN-EIN VERWANDTER DES FLUGZEUGS.

Der Segelflugsport ist recht beliebt. Obwohl ein Segelflugzeug schwerer als Luft ist, kann es lange hoch über der Erde schweben; es wird von kräftigen Luftströmen gehalten. Eine neue Sportrichtung ist das Fliegen mit dem Deltagleiter. Er ist einem Drachen und einem Segelflugzeug ähnlich. Allerdings einem sehr vereinfachten

Segelflugzeug – von ihm blieben nur die Flügel übrig, die in eine große Tragfläche verwandelt wurden, und den Rumpf ersetzt der Sportler selbst. Auch Sportdrachen können einen Menschen bei günstigem Gegenwind tragen, der entstehen kann, wenn man auf Skiern einen Hang hinunterfährt oder auf Wasserskiern von einem Motorboot ge-

Versuche in der Luft

schleppt wird. Während für Segelboote Rückenwind am günstigsten ist, brauchen Segelflieger und Drachen unbedingt Gegenwind.

In jeder Strömung (gleich, ob Wasser- oder Luftströmung) verringert sich der Druck im Vergleich mit dem in der Umgebung. Die folgenden Versuche zeigen, was dabei passiert.

Benötigt wird ein 0,5–1 cm dicker Gummischlauch und ein Tischtennisball. Knickt das eine Ende des Schlauches nach oben und bläst in das andere Ende, wobei der Ball auf dem umgeknickten Ende liegen soll. Er wird im Luftstrom hochspringen, als würde er sich in einem Lufttrichter befinden, aber nicht herunterfallen. Die Luft hat nämlich in diesem Trichter einen geringeren Druck, und der höhere atmosphärische Luftdruck der Umgebung hindert den Tennisball, den Luftstrom zu verlassen.

Dieser Versuch gelingt jedem auf Anhieb; man muß nur beständig blasen.

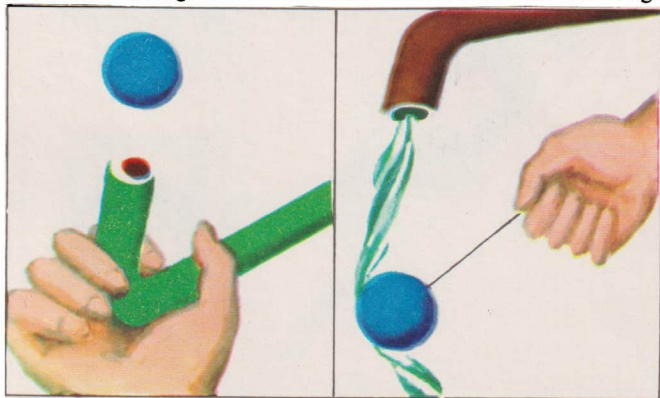
Betrachten wir nunmehr eine Wasserströmung. Befestigt mit Knete am Ball einen Faden, dreht einen Wasserhahn auf und haltet den Ball am Faden anfassend an den Strahl. Das Wasser saugt den

Ball an, und er bleibt auch dann neben dem Strahl, wenn das Fadenende zur Seite geführt wird. Im Strahl ist der Druck nämlich geringer als in der umgebenden Luft, so daß diese den Ball an den Strahl drückt.

Im folgenden wird der Bau verschiedener Drachen beschrieben. Wir können sie dann an einem Fallschirm landen lassen oder weich, ohne Fallschirm. Denn auf den Planeten, die nur eine recht dünne Atmosphäre besitzen, nützt ein Fallschirm nichts. Dann ist die Sonde oder das Raumschiff ohne Fallschirm weich zu landen, damit diese nicht zerstört werden.

Bevor wir mit dem Bau eines Drachens beginnen, laßt uns fragen, wie ein Drachen aufsteigt, und wie er sich in der Luft hält.

Wenn die ebene Drachenfläche von einem schnellen Luftstrom bzw. Wind umflossen wird und etwas zu ihm geneigt ist, drückt die Luft so auf die Drachenfläche, daß eine sogenannte Auftriebskraft entsteht, die auch den Drachen hochsteigen läßt. Ohne Wind kann kein Drachen steigen. Bei schwachem Wind erreicht man die nötige

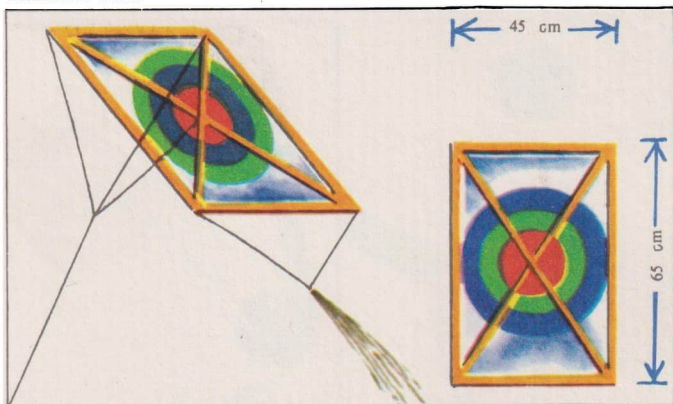


Auftriebskraft, indem man mit dem Drachen rennt und den Luftstrom künstlich schafft. Wenn oben der Wind stark genug bläst, läßt er den Drachen auch dann weiter steigen, wenn ihr still steht. Man kann dann den Drachen von der Erde steuern.

Ein Flugzeug besitzt kräftige Motoren. Ein Gegenwind entsteht bei der schnellen Bewegung des Flugzeugs auf der Erde und in der Luft.

DRACHENBAU. Zum Bau des einfachsten Drachens braucht man Papier und dünne, trockene Holzleisten. Am besten nimmt man Fichtelholz dazu. Je dünner die Leisten sind, desto leichter wird der Drachen; natürlich geht das auf Kosten seiner Stabilität.

Der Rahmen soll 65 cm \times 45 cm groß sein. Diagonal klebt auch zwei Leisten und bindet sie in der Mitte fest zusammen. Auch an den Klebestellen bindet man die Leisten am besten noch zusammen. Auf den Rahmen ist dann ein Bogen dünnes, aber festes Papier zu kleben. Der Bogen muß etwas größer als der Rahmen sein.



Der überstehende Rand ist umzuknicken und anzukleben. Der umgeknickte Streifen braucht nicht breiter als 1–1,5 cm zu sein.

Eine dünne Schnur ist nur an den Ecken einer Schmalseite festzuknoten. Aus der entstehenden Schlinge muß sich ein gleichschenkliges Dreieck von 39 cm Seitenlänge bilden lassen. Wo sich die Diagonalen kreuzen, knotet eine zweite dünne Schnur fest. Sie soll etwas länger als 33 cm sein. Das andere Ende wird an der Schlinge in der Mitte festgeknotet. Hier wird auch eine dünne lange Schnur angeknüpft, die auf ein kleines Holzbrettchen gewickelt sein kann. An den anderen Rand des Drachens bindet einen 2–3 m langen Schwanz fest. Der Schwanz kann aus zusammengebundenen Stoffstreifen bestehen. Ein Schwanz ist nötig, um den Drachenflug zu stabilisieren. Beim ersten Probeflug werdet ihr dann selbst sehen, ob der Schwanz länger oder kürzer sein muß, oder ob sein Ende nur zu beschweren ist. Es kann vom Wind abhängen, wie lang der Schwanz bei jedem Flug sein muß.

Ist soweit alles fertig, wartet auf passenden Wind.

Der Wind darf nicht zu schwach und nicht zu stark sein. Schwacher Wind läßt den Drachen nicht steigen, sehr starker Wind wird ihn augenblicklich zerbrechen.

Am besten läßt man den Drachen zu zweit steigen. Einer hält den Drachen und läuft mit ihm gegen den Wind, der andere hält die aufgewickelte Schnur. Der Laufende versucht, den Drachen loszulassen. Wenn der Wind ihn ergreift, muß man allmählich Schnur geben. Dabei kann man es erreichen, daß der Drachen höher steigt. Er kann 100–200 m hoch steigen und steht dann im Wind.

Es ist darauf zu achten, daß die drei den Drachen haltenden Schnüre so lang sind, daß er etwa 30–40° zur Horizontalebene geneigt wird. Der Schwanz stabilisiert diese Lage.

Ferner ist zu beachten, daß sich in der Nähe keine Leitungen, Häuser und Bäume befinden. Drachenzug ist nur auf einem freien Platz möglich, außerhalb des Wohnortes.

Nachdem ihr den einfachen Drachen gut steigen lassen könnt, versucht, euch einen stabiler fliegenden Kastendrachen zu bauen.

Er braucht keinen Schwanz, seine Form garantiert einen stabilen Flug.

Zum Bau werden dünne Fichtelholzleisten und etwas Stoff gebraucht. Als Drachenschnur nimmt man am besten Angelsehne, denn sie ist leicht und zerreifest.

Es werden vier 1 m lange Leisten mit einem Querschnitt von 8 mm \times 8 mm gebraucht. Sie werden die Längskanten des Kastendrachenrumpfes bilden.

Ferner werden zwei 50 cm lange und zwei 87,5 cm lange Leisten mit einem Querschnitt von 8 mm \times 4 mm gebraucht. Diese Leisten werden den Rumpfqerschnitt bilden. An ihre Enden befestigt „Gabeln“, in denen dann die langen Leisten zu liegen kommen. Eine Gabel besteht aus zwei etwa 8 mm \times 2 mm dicken Stäbchen, die an den Enden der Leisten festgebunden werden. Bevor man den Bindfaden herumwickelt, klebt man die Stäbe am besten noch mit Tischlerleim an.

Der Drachen ist zerlegbar, dadurch läßt er sich besser zum Ort des Probefluges transportieren. Das Zusammensetzen des Drachens geht schnell.

Zuerst werden die Enden der langen Leisten in die Gabeln gelegt und an beiden Seiten der Gabeln so mit Bindfaden umwickelt, daß sie sich nicht nach rechts und links bewegen können. Damit das Gestell nicht auseinanderfällt, halte man es an zwei Stellen in der Mitte mit einem Bindfaden zusammen.

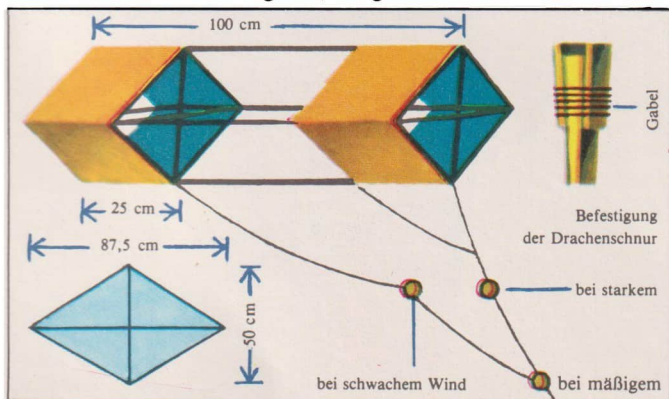
Die Bespannung besteht aus zwei 25 cm breiten Kattunstreifen, die so lang sein sollen wie der Umfang des Querschnitts. Die Ränder sind umzuknicken und zu säumen. Die eine Schmalseite läßt sich mit vier Reißzwecken am Ende einer langen Leiste befestigen (am besten an einer der zwei Leisten, an denen sich dann ein spitzer Winkel bildet). Bestreicht die Auflagestellen des Stoffes auf die Leisten mit Leim und spannt die Stoffstreifen dann um das Gestell. Die Enden der Stoffstreifen können wieder mit Leim und Reißzwecken befestigt werden. Damit der Stoff auch eine gute Spannung besitzt, feuchtet man ihn am besten erst an, bevor man ihn

aufspannt. Nachdem er getrocknet ist, sitzt er straff auf dem Dra-
chengestell. Zuerst wird der eine Stoffstreifen befestigt, danach der
andere. Falls nötig, richtet die Leisten schließlich noch einmal aus
und gibt dem Drachen eine regelmäÙige Form.

Man kann einen Stoffstreifen auch anders befestigen, z. B. in-
dem man auf ihn vier spezielle „Taschen“ näht, in die dann die
Leisten gesteckt werden. Dies garantiert euch, daß der Drachen je-
der Zeit wieder zerlegt werden kann.

Von der Sorgfalt beim Bau des Drachens werden seine Flugei-
genschaften abhängen. Ein „Zaum“ aus einer 1 m langen dünnen
festen Schnur wird an eine Leiste gebunden, die im stumpfen Win-
kel des Querschnitts liegt, und zwar mit dem einen Ende an das fer-
ne Ende des freien Stücks und mit dem anderen an das vordere En-
de der Leiste. Eine zweite Schnur wird an das nahe Ende des freien
Stücks geknotet. Ihr anderer Ende führt an die lange Schnur 25 cm
weit von ihrem Anfang entfernt.

Die Drachenschnur ist nun hinter diesem Knoten an die längere
Schnur festzubinden, wo genau, hängt von der Windstärke ab. Je

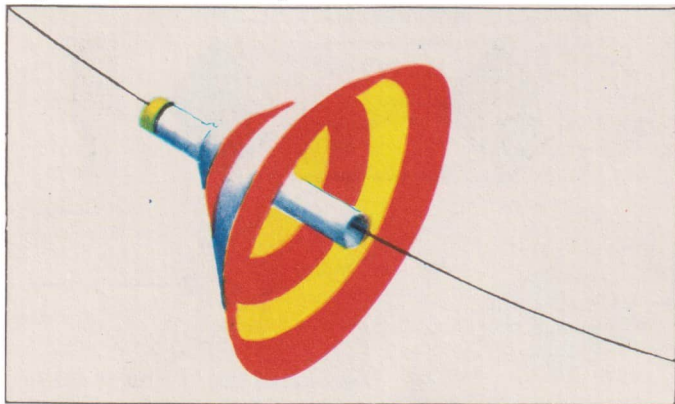


stärker der Wind ist, desto näher muß der Angriffspunkt der Drachenschnur an diesem Knoten liegen. Davon werdet ihr euch selbst überzeugen können. Die Einzelheiten sieht man denn auf dem Bild.

Den Drachen laßt zu zweit bei genügend starkem Wind steigen. Der eine hält den Drachen, der andere die aufgewickelte Drachenschnur. Den Drachen über den Kopf haltend, läuft man mit ihm und versucht, ihn dann loszulassen. Wenn der Drachen nicht hochsteigt, muß man ihn auffangen, denn beim Herunterfallen auf die Erde kann er zerbrechen. Ist der Wind stark genug, um den Drachen steigen zu lassen, gebt allmählich die Schnur nach, und der Drachen wird Höhe gewinnen.

Der Kastendrachen hat mehr tragende Flächen als der einfache Drachen. Man kann ihn mit einem Doppeldecker vergleichen.

Nachdem ihr gelernt habt, die Windstärke richtig einzuschätzen, und euch das Drachensteigen gut gelingt, stellt einige interessante Versuche an, für die eine große Höhe nötig ist. In großer Höhe bewegt sich ein Drachen ruhiger. Denn hier bläst der Wind beständi-



ger. An der Erdoberfläche bilden sich Luftwirbel. Deshalb ist es beim Drachensteigen wichtig, den Drachen schnell hochzubringen.

DRACHENPOST. Das ist das einfachste Experiment, das man mit dem Drachen beliebiger Konstruktion durchführen kann. Aus festem Papier schneidet man einen 20–30 cm großen Kreis aus, schneidet in die Mitte ein Loch und macht längs eines Radius einen Schnitt. Aus einem 5–8 cm breiten Papierstreifen rollt ein Röhrchen, nicht dicker als 1 cm. Nachdem der Drachen ganz oben ist, hält der eine die Schnur, und der andere setzt das Röhrchen auf sie. Darauf wird der Papierkreis gesetzt. Seine beiden Ränder werden übereinandergeschoben und mit einer Stecknadel zusammengeheftet, so daß ein Kegel entsteht, der fest auf dem Papierröhrchen sitzt. Schiebt das Ganze nach oben. Der Wind erfaßt es und treibt es schnell hoch bis zum Drachen. Zurück kehrt es aber erst dann, wenn der Drachen auf die Erde gelangt.

FALLSCHIRMLANDUNG. Ihr wißt sicherlich, daß aus dem Kosmos zurückkehrende Kosmonauten in einer Landekapsel sitzen, die in der letzten Phase der Landung an einem Fallschirm herunterschwebt.

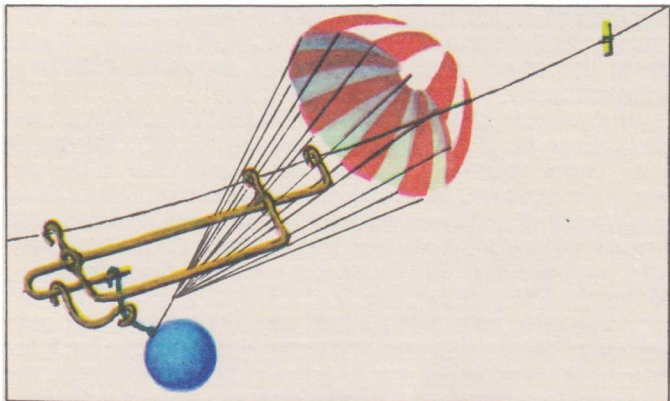
Biegt aus etwa 0,4 mm starkem Kupferdraht einen Rahmen, der sich leicht an die Drachenschnur hängen läßt, nachdem die beiden freien Enden umgebogen wurden. Die beiden Ösen sollen die Schnur frei umfassen. In die Rahmenseiten sind zwei weitere Ösen zu biegen. In ihnen kommt ein Kupferdraht zu liegen, dessen dem Drachen zugewandtes Ende umgebogen und mit einem Haken versehen wird, so daß es die Drachenschnur umfaßt. Am anderen Ende wird der Draht, nachdem er durch die Ösen gesteckt wurde, einige Zentimeter vom Ende entfernt um 180° gebogen. Der sich ergebende Riegel muß einige Zentimeter länger sein als der Rahmen. An das untere Ende des Riegels wird die „Landekapsel“ gehängt – ein Gummiball, an dem ein kleiner, aus einem Taschentuch

geknüpfter Fallschirm befestigt ist. Damit sich der Fallschirm nicht zusammenlegt, setzt in ihn einen Drahring, der sich leicht biegen läßt. In der Mitte soll der Fallschirm ein kleines Loch haben.

Nicht weit vom Drachen unterbrecht die Drachenschnur, am besten durch ein Stöckchen, das in die Schnur geknotet wird.

Nachdem der Drachen gestiegen ist, der Rahmen an die Schnur und die Landekapsel mit dem Fallschirm an den Riegel gehängt sind, überprüft, ob sich der Rahmen auch leicht auf der Schnur und die „Landekapsel“ nicht vom Riegel gleitet, wenn der Wind das Ganze nach oben treibt.

Laßt dann unsere Einrichtung los. Der Wind ergreift den Fallschirm, und das System gleitet nach oben. Bald stößt der Riegel an die Unterbrechung, und der Fallschirm treibt den Rahmen weiter nach oben. Der Riegel verschiebt sich zum Rahmen, und die Aufhängung des Balls gleitet vom Haken des Riegels ab. Die „Landekapsel“ fällt, sie kehrt am Fallschirm langsam zur Erde zurück.



Der Rahmen und der Riegel gleiten aber an der Drachenschnur zu euch zurück.

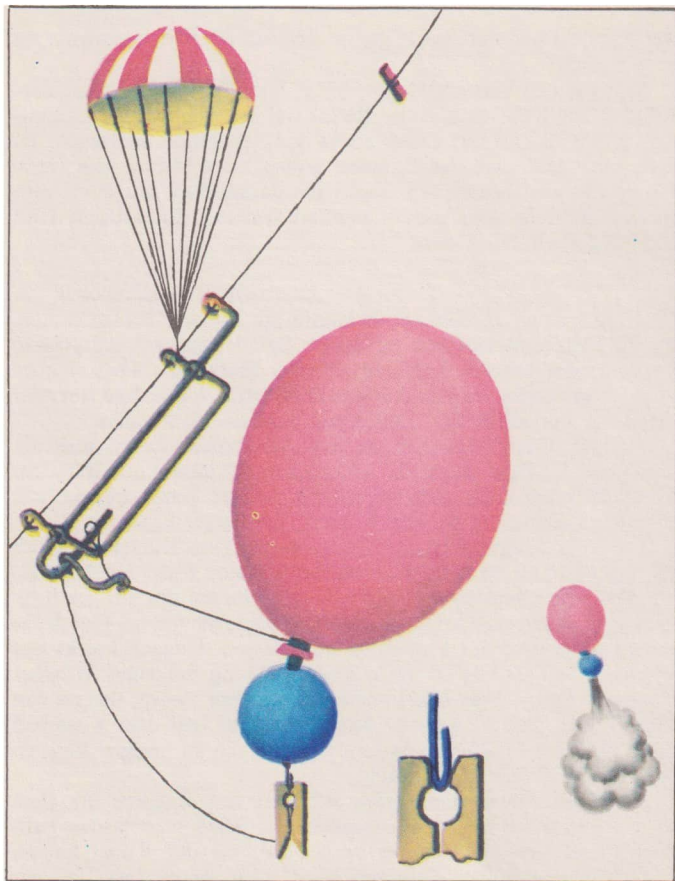
Wie gut der Versuch klappt, hängt vom Wind ab. Achtet darauf, daß der Rahmen und der Riegel frei verschiebbar sind. Eventuell ist der Riegel aus einem etwas dickeren Draht zu biegen. Es kann auch sein, daß der Rahmen größer oder kleiner sein muß. Probiert es aus! Man soll schöpferisch darangehen. Ihr dürft vom ersten Mißerfolg nicht betrübt werden! Wartet auf günstigen Wind und wiederholt das Ganze.

WEICHE LANDUNG. Damit die „Landekapsel“ landet, ohne auf die Erde hart aufzuschlagen, benutzen wir einen Rückstoßmotor, der die Fallgeschwindigkeit verringert. Ein derartiges Landeprinzip wird bei einer weichen Landung auf dem Mars, dem Merkur oder Mond angewendet, da hier der atmosphärische Widerstand unzureichend ist, um allein den Fallschirm benutzen zu können.

Jetzt wird der Fallschirm an den oben beschriebenen Rahmen gebunden. Er dient dazu, die „Landekapsel“ zusammen mit dem Rückstoßmotor nach oben zu ziehen. Dieser Landeapparat mit dem Rückstoßmotor ist wieder unten am Riegel angehakt.

Die „Landekapsel“ ist bei diesem Versuch ein Kneteball, durch den ein Gummirohr geht. Den Rückstoßmotor bildet ein Luftballon. Bevor er aufgeblasen wird, stecke man ihn auf das aus der Knetekugel hinaussteckende Gummirohr und binde ihn fest an. Durch das andere Ende wird der Luftballon aufgeblasen. Danach knickt das Röhrchen um und haltet es in dieser Stellung mit einer Wäscheklammer. An die Wäscheklammer bindet einen Faden, der an den Riegel führt. Das Ganze aus dem Luftballon und dem Kneteball mit Fallschirm bestehende System wird auf die im vorigen Versuch beschriebene Weise aufgehängt.

Nachdem der Drache oben ist, setzt den Rahmen mit dem Landeapparat auf die Drachenschnur. Der Wind bläst in den Fallschirm und treibt das Ganze nach oben, bis der Riegel an die Unterbrechung in der Drachenschnur stößt. Dann löst sich der



Landeapparat vom Riegel, die Wäscheklammer wird vom Gummirohr gezogen. Der Landeapparat fällt nach unten, wobei durch das Gummirohr ein starker Luftstrahl in Richtung Erde ausströmt. Dadurch landet die „Landekapsel“ weich auf der Erde. Natürlich hat auch die Luft den Fall gebremst; trotzdem hat der Rückstoßmotor das seinige getan.

Damit der Versuch auch klappt, sind vorher alle Teile zu überprüfen.

Der Wind muß so stark sein, daß er die Vorrichtung auch nach oben treibt.

Die Wäscheklammer muß das Gummirohr luftdicht verschließen, aber beim Ausklinken doch leicht vom Gummirohr springen.

Man kann alle diese Schritte noch auf der Erde überprüfen.

KOPPLUNGSMANÖVER ZWEIER KASTENDRACHEN. Das Wort „Kopplungsmanöver“ ist recht populär geworden. Es erinnert gleich an die Ankopplung zweier Raumschiffe oder eines Raumschiffes an eine Orbitalstation. Ankopplungsmanöver sind schwierig. Sie verlangen hohe Genauigkeit beim Start der Raumschiffe sowie hohes Können und schnelle Reaktion der Besatzungen.

Ein Ankoppeln im Kosmos ist dadurch erschwert und unterscheidet sich von der Ankopplung bei der Eisenbahn dadurch, daß die beiden Partner im Weltall nach allen Seiten hin ausweichen können.

Wir werden versuchen, zwei Kastendrachen aneinanderzukoppeln, die hoch oben in der Luft schweben. Das Manöver gelingt nicht immer. Es hängt nämlich nicht nur von der Qualität der Drachen und der Führung der Drachenschnüre ab, sondern auch vom Wind.

Während der Ausführung des Manövers darf der Wind nicht böig sein. Denn sonst schweben die Drachen nicht ruhig genug.

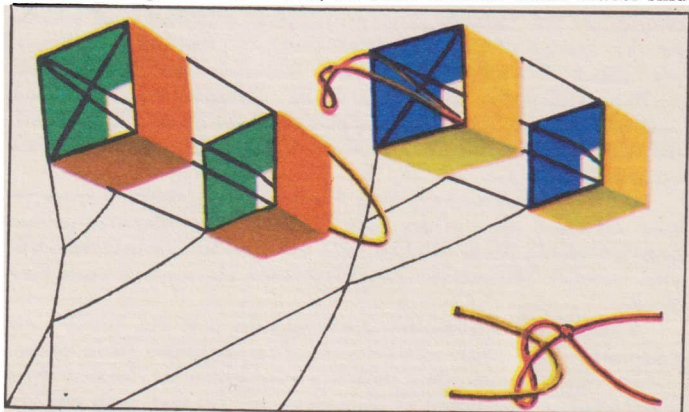
Zur erfolgreichen Durchführung des Versuches werden zwei Mannschaften von jeweils 3 Personen benötigt und noch ein Di-

spatscher, wobei Findigkeit und Fertigkeit der „Besetzungen“ großen Einfluß auf den Erfolg des Manövers haben.

Die beiden Kastendrachen sollen gleich groß sein. Jeder Drache steigt an zwei Schnüren auf, die an demselben Punkt angreifen. Dieser ist wieder genau entsprechend der Windstärke zu wählen.

Die Kopplungsvorrichtungen werden aus Weidenruten gebastelt, von denen man die Rinde entfernt. Danach wird eine Rute zu einem Halbkreis gebogen und in dieser Form getrocknet, wonach sie am Hinterteil des einen Kastendrachens fest angebunden wird.

An das Vorderteil des anderen Kastendrachens wird eine ebensolche, zu einem Halbkreis gebogene Weidenrute angebunden, die aber etwas länger als die erste Weidenrute sein soll. Der Weidenrute wird nach und nach die nötige Krümmung gegeben. Danach werden die beiden Seiten über Kreuz zusammengebunden, um den Haken biegen zu können, wobei man einige leichte Leisten, die fest an die Rute gebunden werden, zu Hilfe nehmen kann. Dabei sind



die beiden Enden der Rute an zwei gegenüberliegende lange Leisten des Drachens angebunden. Nachdem der Haken und die Schlaufe gut getrocknet sind, kann man sie zum bequemeren Transport wieder abbinden.

Man soll die Drachen nacheinander in großer Entfernung voneinander steigen lassen.

Um einen Drachen steigen zu lassen, sind drei Personen nötig. Zwei halten die Drachenschnüre, der dritte hält den Drachen hoch. Der Drachen mit der Schlaufe soll sich in Windrichtung vor dem Drachen mit dem Haken befinden. Nachdem die beiden Drachen in der gleichen Höhe sind, kann das Kopplungsmanöver beginnen. Dabei muß sich der Dispatsher direkt unter den beiden Drachen befinden, um die Annäherung genau verfolgen zu können. Er gibt den Personen, die die Schnüre halten, Kommandos.

Wird im ersten Versuch die Kopplung nicht erreicht, so führt man den Drachen mit der Schlaufe wieder weg und wiederholt das Manöver noch einmal.

Wenn sich während des Manövers die Drachenschnüre umeinander gewickelt haben, versucht nicht, die Schnüre in der Luft zu entwirren, sondern holt die Drachen am besten runter.

Niemals darf man Drachen vor oder während eines Gewitters steigen lassen.

Es kann sein, daß sich nach dem Ankoppeln die Flügeigenschaften der Drachen verschlechtern und sie abstürzen. Dann sind die Schnüre schnell einzuholen, man muß darauf vorbereitet sein.

DIE ERSTERKUNDER SIND AUTOMATEN. Bevor Menschen auf anderen Planeten landen, werden die Planeten durch Automaten erforscht. Man darf keine Menschenleben riskieren. Andererseits gab es viele Wissenschaftler und Erfinder, die im Namen der Wissenschaft ihr Leben riskierten. Ihr Risiko konnten sie jedoch immer rechtfertigen. Ein solches Risiko ging z. B. der Flieger Konstantin Arzeulow ein, als er am Anfang

der Luftfahrt, im Jahre 1916, einen Weg zur Überwindung des tödlichen Trudeln eines Flugzeuges fand und selbst anwendete. In jenen Jahren stürzten viele Flugzeuge durch das Trudeln ab, wobei sich das Flugzeug nicht mehr steuern ließ und sich nach unten schraubte. Arzeulow fand heraus, wie

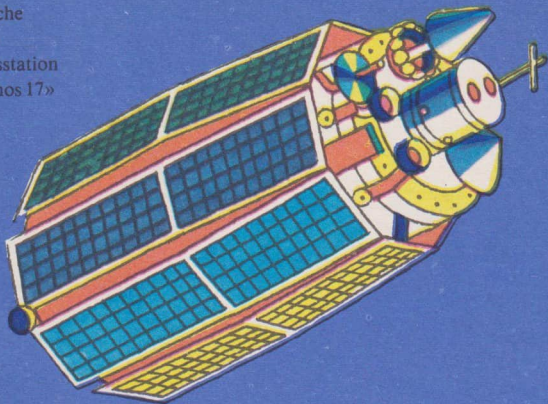
Planetenmobile

man das Flugzeug wieder steuerbar machen und wohlbehalten landen kann. Er erarbeitete einige Wege, das Trudeln zu überwinden, und erhielt schließlich die Erlaubnis, seine Berechnungen in der Praxis anzuwenden.

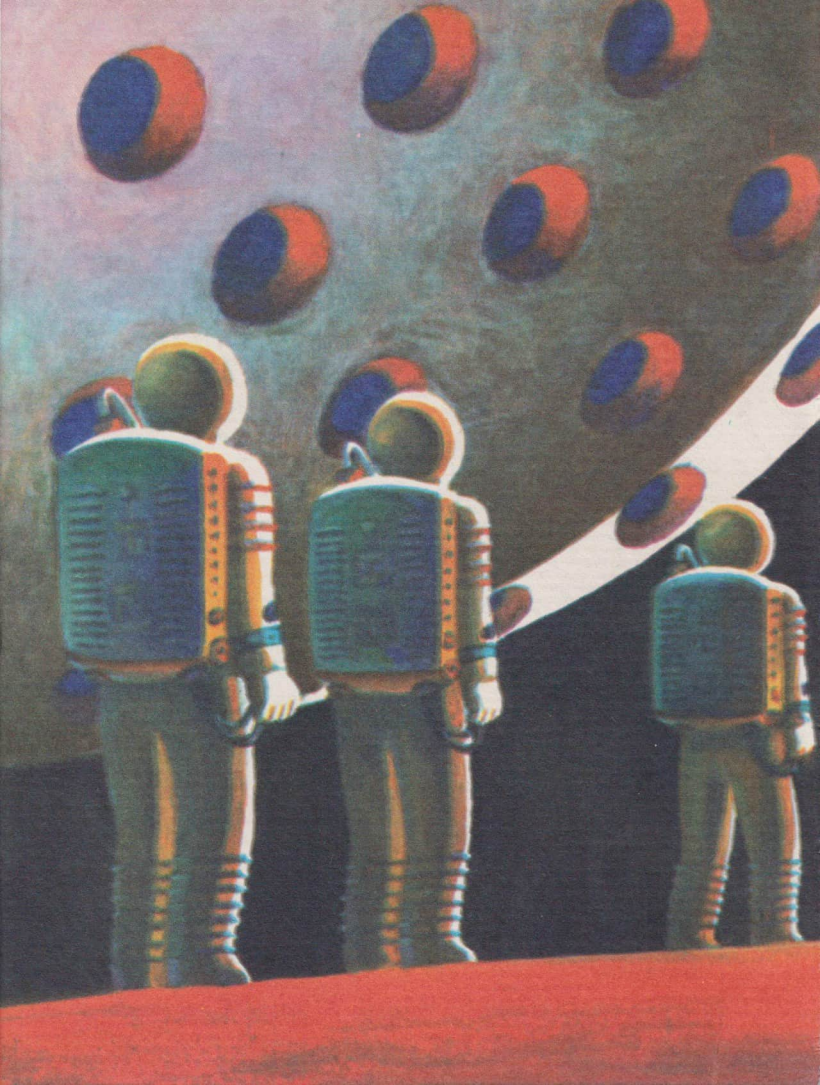
Natürlich riskierte Arzeulow sein Leben, das Risiko war aber begründet. Arzeulow war sich seiner Berechnungen sicher. Er hielt es für seine Pflicht, die tödlichen Folgen des Trudeln zu überwinden. Nachdem er mit dem Flugzeug hoch genug war, brachte er es zum Trudeln. Er führte die durchdachten Handgriffe aus und konnte dadurch das Flugzeug tatsächlich von der gefährlichen Bahn bringen. Um sich davon zu überzeugen, daß es tatsächlich kein Zufall war, ging er noch einmal in die Höhe und wiederholte den Versuch. Der zweite Versuch gelang auch. Seitdem eignen sich alle Flieger Arzeulows Methode an, und das Trudeln stellt keine Gefahr mehr dar.

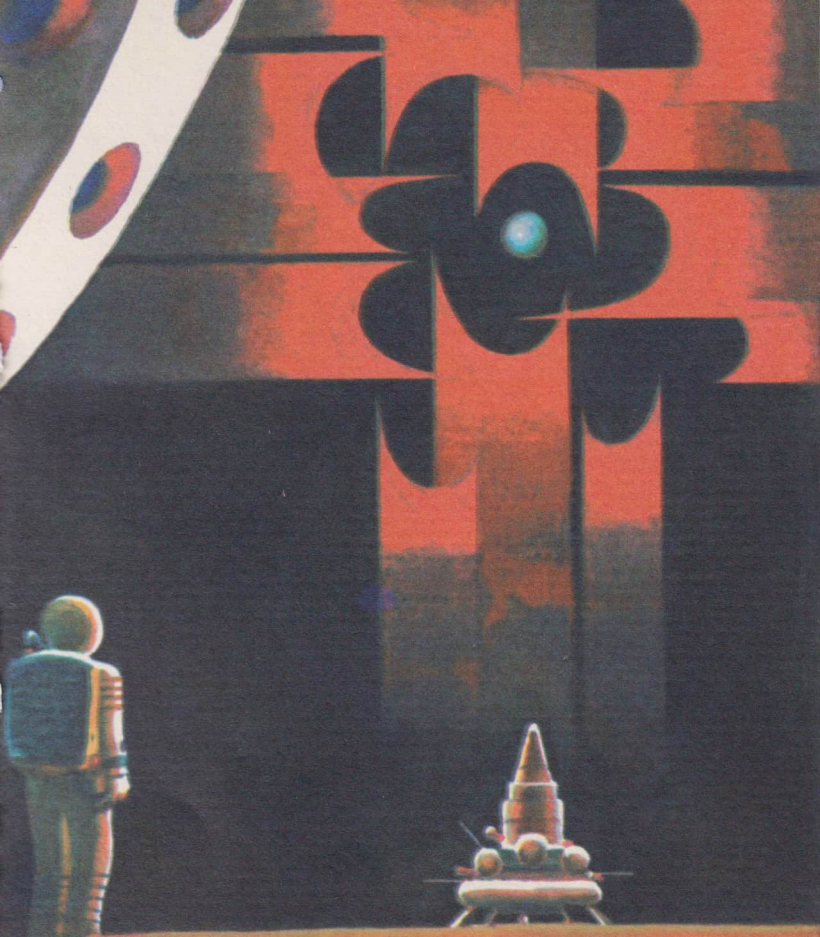
Solange nicht sicher ist, daß ein Flug zu einem Planeten nicht lebens- und gesundheitsschädlich ist und die Besatzung wohlbehalten zur Erde zurückkehren kann, werden Automaten Planeten erforschen. Sie brauchen auch nicht zur Erde zurückzukehren, falls

Automatische
universelle
Forschungsstation
«Interkosmos 17»



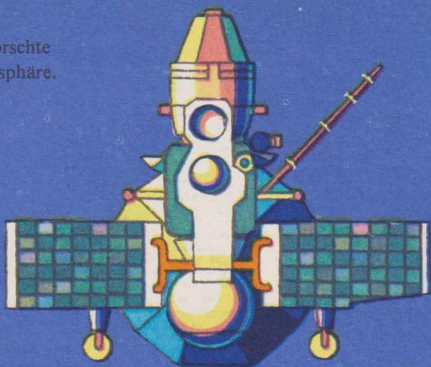
Forschungspro-
gramm «Interkosmos»
vereinigt Wissen-
schaftler aus Bul-
garien, ČSSR, DDR,
Kuba, MVR, Polen,
Rumänien, UdSSR,
Ungarn und Vietnam





Blick in die Zukunft.
Die ersten Menschen auf
dem Planeten Mars.

Planetensonde
«Venus 5» erforschte
die Venusatmosphäre.



Fallschirmabteilung

Senderantenne

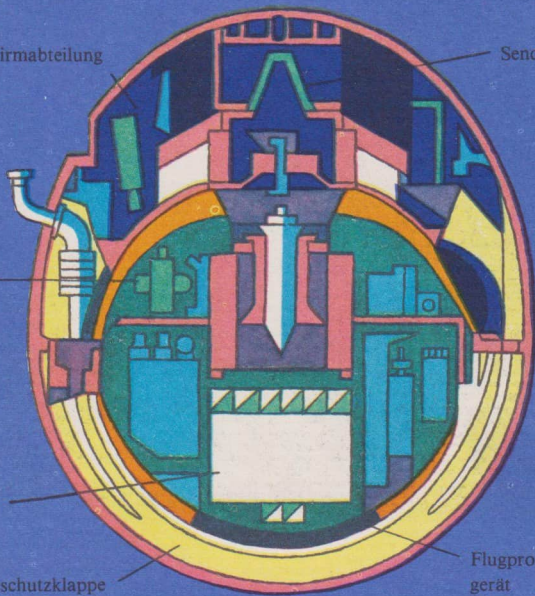
Antennenantrieb

Landkapsel
«Venus 8»

Sender

Wärmeschutzklappe

Flugprogrammier-
gerät



sie nicht die Proben zur Erde schaffen sollen, wie es z. B. mit den Bodenproben des Mondes geschah.

Mit Planetensonnen wird über Funk Verbindung gehalten, manchmal über die Entfernung von Hunderten Millionen Kilometern. Von der Erde aus werden per Funk kodierte Impulse ausgesendet. Sie stellen Kommandos für bestimmte Automatenmechanismen der Raumschiffe dar. Der Automat sendet Mitteilungen zur Erde, die nach ihrem Empfang von speziellen Apparaten dechiffriert werden.

Ein wichtiges Instrument zur Erforschung des Mondes und der Planeten sind Apparate, die sich, den Kommandos von der Erde gehorchend, auf der zu untersuchenden Fläche fortbewegen können, wobei sie die Beobachtungsergebnisse zur Erde funken.

Alle Welt verfolgte die mit den Lunochods durchgeführten Untersuchungen. Sie legten auf der Mondoberfläche viele Kilometer zurück und funkten mit kodierten Signalen und Fernsehbildern alles das zur Erde, was sie „erfuhren“ und „sahen“.

Eine sowjetische automatische Einrichtung brachte Mondgestein zur Erde, wodurch es möglich wurde, es direkt zu untersuchen.

Automaten führen die beauftragte Arbeit ausgezeichnet aus. Man wird sie noch lange einsetzen, um dem Menschen auch wirklich einen gefahrlosen Flug zu den Planeten und eine wohlbehaltene Rückkehr zur Erde zu gewährleisten.

Vorläufig fliegt der Mensch nur im erdnahen kosmischen Raum und macht das, was Sputniks nicht können. Es wird die Möglichkeit langer Aufenthalte im Kosmos getestet, und Maßnahmen werden überprüft, die die schädlichen Einflüsse der Schwerelosigkeit und des langen Aufenthaltes in kleinen Räumen aufheben sollen.

Im folgenden wird der Selbstbau einiger automatischer Vorrichtungen beschrieben. Sie helfen zu verstehen, wie richtige Automaten arbeiten. Auch Planetenmobile werden beschrieben.

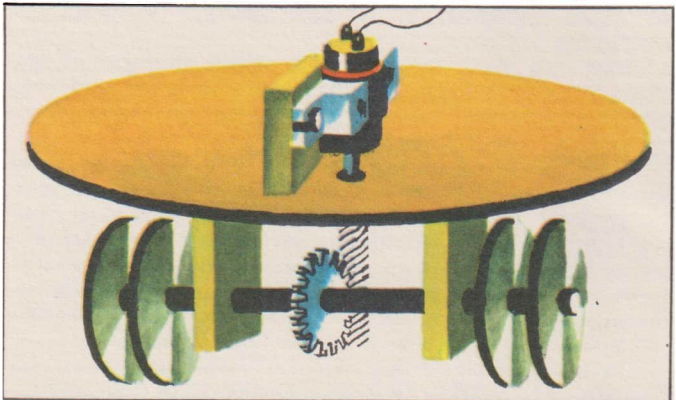
Die beschriebenen Modelle sind den Vorrichtungen wirklicher Planetenmobile natürlich nur entfernt ähnlich. Es ist sogar übertrie-

ben, von Modellen zu sprechen; eher handelt es sich um bewegliches Anschauungsmaterial, an dem man sich mit gewissen Arbeitsprinzipien von Automaten und ferngesteuerten Apparaten bekanntmachen kann.

Bei der Konstruktion wirklicher Planetenautos werden natürlich stets die konkreten künftigen Einsatzbedingungen berücksichtigt, d. h. das Planetenrelief, der Zustand der Atmosphäre, die Temperaturschwankungen, die voraussichtliche atmosphärische Feuchtigkeit und viele andere physikalische und chemische Faktoren.

VEREINFACHTES MODELL EINES PLANETENMOBILS. Die folgende Beschreibung einer automatischen Erkundungsvorrichtung für ferne Planeten ist recht kurz gefaßt. Das gibt euch die Möglichkeit, Initiative zu ergreifen und das eine oder das andere zu durchdenken und zu vervollkommen. Ihr müßt sowieso von den Materialien ausgehen, die euch zur Verfügung stehen.

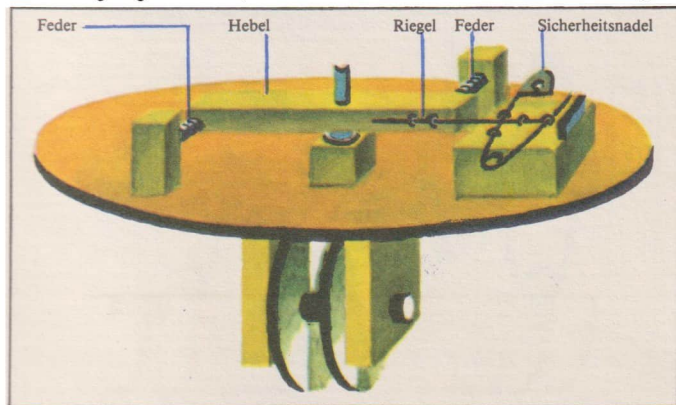
Das Modell ist dreirädrig und fährt ferngesteuert. Als Steuerimpulse verwenden wir Wasser, das in eine Pipette gesaugt wurde.



Zuerst ist aus Sperrholz eine Kreisscheibe von etwa 12 cm Durchmesser auszuhähen. Darauf wird der Antriebs- und Steuermechanismus montiert. Unten befinden sich die drei Räder: zwei Hinterräder, die angetrieben werden, und ein Vorderrad zum Steuern. Die erfolgreich auf dem Mond arbeitenden Lunochods besaßen allerdings acht Räder, die alle angetrieben wurden.

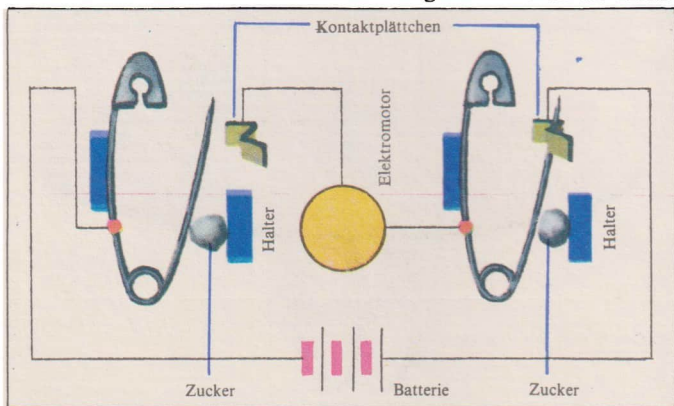
Die Räder können Amateurfilmspulen sein. Sie haben einen Durchmesser von etwa 5 cm. Mit solchen Rädern kann man natürlich nur auf glattem Grund fahren, aber für uns ist es besonders wichtig, die Steuerprinzipien zu verfolgen.

Die Achse bildet ein Röhrchen, ein runder Stab (oder auch ein runder Bleistift). Darauf sitzt das größte Rad eines alten Weckers, das mit Hilfe einer Flachzange und eines Schraubenziehers vorsichtig aus dem Wecker und von der Stahlachse gelöst wird. Wenn die Achse aus Holz ist, setzt man zwischen Zahnrad und Achse einen Metall- oder Plastering (einen Metallring kann man aus Blech biegen). An die Kreisscheibe werden mit kleinen Holzschrauben zwei Achsenlager geschraubt, die man aus einem Stück Holz aussägen



kann. Über dem vorderen Zahnradrand ist in die Kreisscheibe ein Loch zu bohren, durch das dann eine auf der Achse eines kleinen Elektromotors sitzende Schnecke gesteckt wird. Die Elektromotorachse soll senkrecht zur Kreisscheibe stehen. Es gibt verschiedene kleine Elektromotore. Sie werden alle von einer Flachbatterie gespeist. Ihr müßt euch einen Elektromotor mit einer die Drehzahl herabsetzenden Übersetzung kaufen. Die Schnecke kann man von einem alten Spielzeug abmontieren. Möglicherweise ist zur guten Anpassung der Schnecke an das Zahnrad eine Feile nötig. Nachdem es gut eingreift und der Elektromotor endgültig befestigt ist, könnt ihr mit dem Bau der Steuereinrichtung beginnen. Sie ist recht einfach. Dafür läßt sich die Fahrtrichtung aber nur einmal ändern, d. h., nach der Richtungsänderung fährt das Planetenmobil im Kreis.

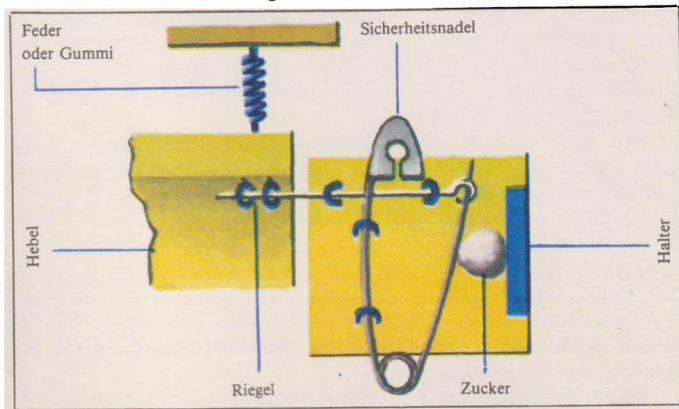
Aus drei kleinen Brettchen wird zuerst die Vorderradgabel gebastelt. Das Rad sitzt auf einer kurzen Achse. Auf der Gabel selbst steckt ein Holzstab, der durch ein Loch in der Kreisscheibe ragt. Darauf wird ein durchbohrter Holzklötzchen gesetzt und an die Kreis-



scheibe angeleimt; in ihm sitzt der Holzstab. Zwischen die Gabel und die Kreisscheibe legt eine Metall- oder Plasticscheibe, sie verringert die Reibung. Oben wird mit dem Holzstab ein Hebel fest verbunden. Er wird von einer oder zwei Federn (bzw. Gummis) in eine Richtung gezogen. Damit das Vorderrad geradeaus zeigt, sind die Federn bzw. Gummis entsprechend zu spannen. Der Hebel wird mit einem Riegel, einem Stück Draht, in dieser Lage gehalten. In dem Moment, in dem das Planetenmobil seine Fahrtrichtung ändern soll, wird dann der Riegel herausgezogen. Dadurch lenken die Federn das Vorderrad aus, und das Planetenauto beginnt im Kreis zu fahren.

Nun ist auf die Kreisscheibe eine Flachbatterie zu stellen und der Stromkreis aufzubauen.

Befestigt auf der Kreisscheibe zwei Kontaktschalter, durch die der Strom fließen muß, um zum Elektromotor zu gelangen. Die Kontaktschalter bestehen aus einer Sicherheitsnadel und einem Kontaktplättchen. Der eine Kontaktschalter dient zum Einschalten des Elektromotors; frei geöffnet, muß die Sicherheitsnadel den



Kontakt berühren, sich aber von ihm lösen, wenn sie etwas zusammengedrückt wird. Ein kleines Stückchen Zucker zwischen einem Halter und der Nadel soll verhindern, daß die Nadel den Kontakt berührt. Wird auf das Stückchen Zucker ein Tropfen Wasser gegeben, zerfällt es augenblicklich, und der Kontaktschalter schließt sich. Der andere Kontaktschalter dient zum Ausschalten des Elektromotors. Ein Wassertropfen auf sein Zuckerstückchen öffnet ihn, wodurch der Stromkreis unterbrochen wird.

Die Steuereinrichtung enthält auch eine Sicherheitsnadel. Ihre Federkraft greift hinten am Riegel an, und nur durch ein Zuckerstückchen wird verhindert, daß sie ihn vom Hebel zieht. Erst wenn ein „Wasserimpuls“ das Zuckerstückchen zerkleinert, spreißt sich die Sicherheitsnadel, der Riegel geht zurück, und der Hebel reißt das Vorderrad herum.

Natürlich sind auch andere Steuermechanismen möglich, in denen die Radiosignale nicht durch Wassersignale, sondern anderswie simuliert werden.

Unser Mechanismus ist sehr einfach und soll nur zeigen, wie die Kommandos „Losfahren“, „Richtung ändern“ und „Stehenbleiben“ ausgeführt werden können. Im gegebenen Fall gibt es drei Kommandos, drei Impulse und drei Ausführungen.

Zur wiederholten Demonstration des Planetenmobils sind seine Steuerorgane neu zu laden.

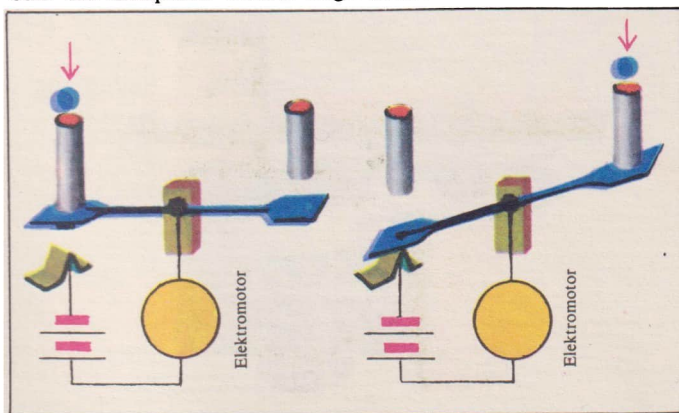
Für das Planetenmobil kann man noch eine Pappkarosserie basteln und in das Dach drei Rohre setzen, die die Wassertropfen auf die Zuckerstückchen leiten. Die Rohre können mit den Aufschriften „Start“, „Wende“, „Stopp“ versehen werden.

AUTOMATISCHE VORRICHTUNGEN. Zum Bau vollkommener Planetenmobile sind automatische Vorrichtungen von Interesse, die die Federn-Sicherheitsnadeln ersetzen. Man baue diese Vorrichtungen zuerst isoliert, bevor sie in das Planetenautomodell montiert werden, das ihr baut.

Beginnen wir mit der Ein- und Ausschaltvorrichtung. An einem

senkrecht stehenden Halter wird oben leicht drehbar um die Horizontale ein Holzstab befestigt. An den Stabenden befinden sich zwei Schaufeln und unter der einen Schaufel ist ein Kupferkontakt angebracht, der zur Schaufel senkrecht steht. Wenn diese Schaufel heruntergedrückt wird, so soll dieser Kontakt in einem darunter befindlichen M-förmigen Kontakt steckenbleiben. Dieser unbewegliche Kontakt ist mit einem Batteriepol verbunden. Der andere Pol führt an den Elektromotor (oder probeweise an ein Lämpchen) und von hier weiter an das Holzstablager. Von hier führt ein Draht entlang des Stabes an den Kupferkontakt. Über jeder Schaufel endet ein Rohr. Durch die Rohre kann man eine Kugellagerkugel auf die Schaufeln fallen lassen; darin bestehen die Steuerimpulse.

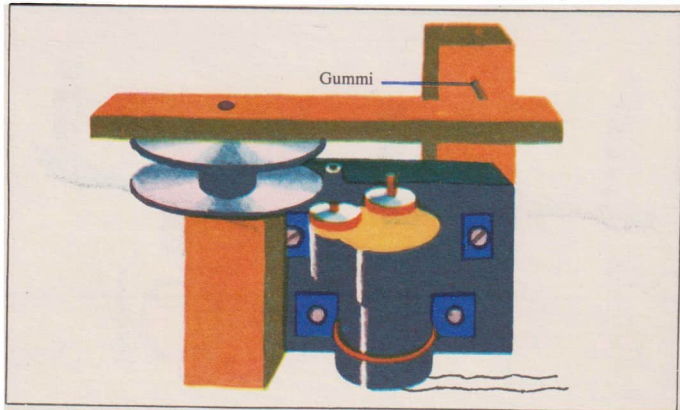
Zu Beginn des ersten Tests liegt der Holzstab horizontal und alle Leitungen und Kontakte sind angeschlossen. Laßt auf die Schaufel mit dem Kontakt eine Kugel fallen. Die Schaufel geht nach unten, und der Stromkreis schließt sich. Die Schaufel bleibt dabei dank des M-förmigen Kontakts in ihm stecken. Der Motor oder das Lämpchen werden eingeschaltet.



Nun werft eine Kugel in das andere Rohr. Dadurch wird die Schaufel mit dem Kontakt hochgestoßen und der Stromkreis geöffnet. Der Motor bzw. das Lämpchen werden ausgeschaltet.

Das Radiosignal, auf das hin ein Planetenmobil anhält oder weiterfährt, ist in unserem Versuch durch die Kugel ersetzt. Damit der Holzstab mit den Schaufeln leicht drehbar wird, sich auch fixieren läßt, kann man die Achse, um die sich das Stäbchen bewegt, mit Scheiben versehen. Für die Herstellung der Scheiben nimmt man ein Stück Plaste oder auch Blech.

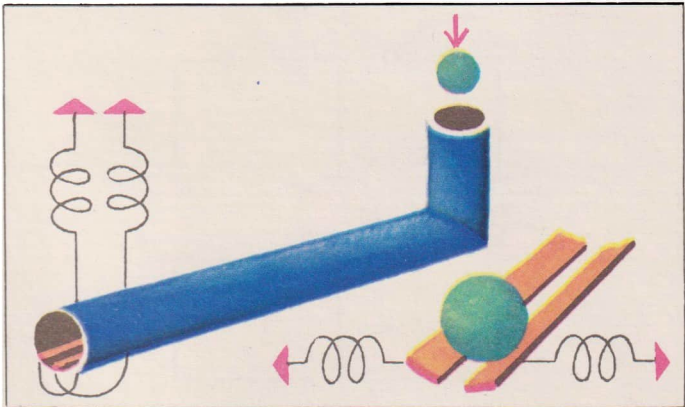
Nun kommen wir zur Lenkung, die man auch erst extra aufbaut. Durchbohrt einen 2–3 cm hohen Holzklotz. In dem Loch soll ein 6–7 mm dicker Holzstab lagern können. Er ist die Achse des zukünftigen Steuers des Planetenmobils. Oben wird auf den Holzstab eine Amateurfilmspule gesetzt. Dabei soll das Ende des Stabes etwas überstehen, um hier einen etwa 10 cm langen Hebel aufsetzen zu können. An seinen Enden sind wieder zwei Gummis (oder Spiralfedern) befestigt, die an zwei starre Stützen führen. Die Achse muß sich in ihrem Lager frei drehen können, wobei die



Gummis sie nach jeder Auslenkung (nicht größer als 40°) in ihre Ausgangslage zurückziehen. Neben der Filmspule wird ein kleiner Elektromotor mit einer die Drehzahl herabsetzenden Übersetzung installiert. Seine Achse kommt dabei parallel zum Holzstab zu liegen und berührt den Rand der Filmspule; ein Stück Ventilgummi, das über die Achse gezogen wird, sorgt für gute Haftung. Schaltet den Elektromotor ein. Die Filmspule dreht sich langsam, einer der Gummis am Ende des Hebels wird gespannt, der andere erschlafft. Sobald sich die Filmspule um etwa 40° gedreht hat, wird der Elektromotor ausgeschaltet, woraufhin sie von dem gespannten Gummi in ihre Ausgangslage zurückgezogen wird. Dadurch fährt das Planetenmobil wieder geradeaus, nachdem die Richtungsänderung erfolgt ist.

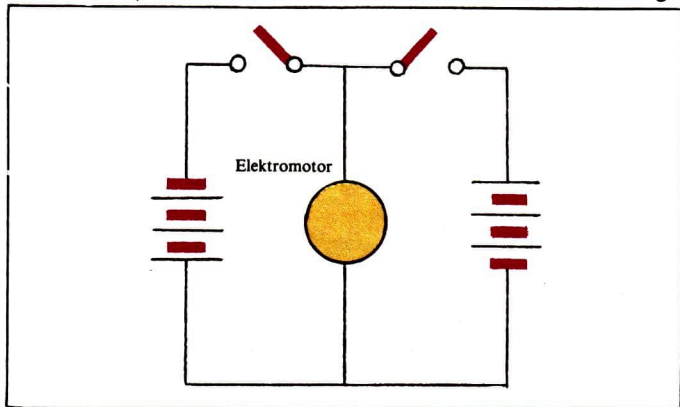
Bauen wir uns nun einen Steuerschalter. Er wird es euch ermöglichen, das Planetenmobil in die gewünschte Richtung zu lenken. Den Kommandoimpuls gibt wieder eine Stahlkugel.

Das Geheimnis des Steuerschalters besteht darin, daß er nur dann den Stromkreis schließt, wenn durch eine 10–15 cm lange



Röhre die Stahlkugel rollt. In den wenigen Sekunden dreht sich das Vorderrad.

Die Röhre kann man sich aus Papier kleben. Der Röhrendurchmesser soll 2–3 mm größer sein als der Kugeldurchmesser. Beim Kleben der Röhre wickelt man einen 10–15 cm breiten Papierstreifen um einen entsprechenden runden Stab. Bevor man die Röhre jedoch zusammenleimt, klebe man auf die zukünftige Rohrinneenseite zwei schmale Silberpapierstreifen. Sie sollen aus der Röhre herausragen, um dann hier die beiden Anschlußdrähte anlöten zu können. Die Silberpapierstreifen sollen einen Abstand von etwa 2 mm haben; sie dürfen sich nicht berühren. Die fertige Röhre wird fast horizontal auf dem Planetenmobil befestigt. An das etwas höher liegende Ende kann man eine einfache Papierröhre gleichen Durchmessers nach oben hin gerichtet ansetzen, so daß ein „Knie“ entsteht. Eine in das Knie fallende Stahlkugel trifft auf die Silberpapierstreifen, schließt dadurch den Stromkreis und rollt ab. Dabei bleibt der Stromkreis so lange geschlossen, wie sich die Stahlkugel in der Röhre befindet. Es muß zwei solche Röhren ge-



ben: eine, um nach links zu fahren, und eine andere, um nach rechts zu fahren.

Die Zeichnung zeigt, wie die Anschlüsse miteinander zu verbinden sind. Wenn das Planetenmobil seine Fahrtrichtung ändern soll, ist in die entsprechende Röhre eine Stahlkugel fallen zu lassen. Dadurch wird der Steuermotor eingeschaltet, und das Vorderrad dreht sich leicht. Nachdem die Stahlkugel aus der Röhre gerollt ist, kehrt das Vorderrad in seine Ausgangsstellung zurück, und das Planetenmobil fährt wieder geradeaus. Wenn es zur anderen Seite fahren soll, ist in die andere Röhre eine Stahlkugel fallen zu lassen. Dadurch wird der Elektromotor mit einer zweiten Batterie verbunden, die so angeschlossen ist, daß er jetzt in der entgegengesetzten Richtung vom Strom durchflossen wird, d. h. den Hebel in die andere Richtung dreht. Es ist darauf zu achten, daß die Gummis nicht zu stark sind, damit der Elektromotor auch leicht das Vorderrad drehen kann. Die Einschaltdauer läßt sich mit der Neigung der Röhren regulieren.

Richtige Konstrukteure berechnen, entwerfen und zeichnen vorher alles, bauen dann ein Versuchsmodell und überprüfen an ihm, ob auch alles genau beachtet worden ist. Wir müssen uns aber mit den zur Verfügung stehenden Materialien begnügen und die besten Varianten ausprobieren.

EIN KOMPLIZIERTERES PLANETENMOBIL. Dieses Planetenmobil hat sechs Räder. Als Räder benutzt leere Amateurfilmspulen aus Plaste. Zwei Räder – die Antriebsräder – sitzen auf einer Achse, zwei weitere dienen zum Steuern, und die anderen beiden Räder kommen in der Mitte zu liegen und haben keine zusätzliche Funktion. Wenn sich euer Elektromotor aber als zu schwach erweist, kann man diese beiden Räder mit einem zweiten Motor antreiben.

Die Antriebsachse steht wie im früheren Modell mit dem Elektromotor über ein Schneckengetriebe in Verbindung. Wenn ihr aber keine Schnecke habt, so könnt ihr auch ein kleines Zahnrad eines

alten, nicht mehr benötigten Weckers benutzen. Der Elektromotor muß ein eingebautes Untersetzungsgetriebe besitzen. Er soll auf einen Träger montiert sein, der sich drehen und befestigen läßt. Das erleichtert das Einstellen der Verhakung der Schnecke mit dem Zahnrad auf der Antriebsachse.

Für die Räder zum Lenken bastelt man sich aus einer Leiste und Sperrholzstücken eine breitere Gabel, in der die Achse mit den Rädern zu liegen kommt. In der Mitte der Leiste wird die Steuerachse befestigt. Sie wird dann durch ein Loch in die Grundplatte gesteckt. Oben soll auf die Grundplatte eine Buchse aus Holz geleimt sein, die die Achse hält. Darauf sitzt dann der Steuerhebel, den ihr schon früher mal eingestellt habt.

Die Grundplatte trägt die Batterien und Röhrchen mit den Kontakten. Verbindet die Batterien über die Kontakte mit den Elektromotoren. Nachdem alles fertig ist, kann der erste Test des Planetenmobils stattfinden. Setzt es dazu auf den Boden und laßt eine Kugel in das Röhrchen „Start“ fallen. Wenn sich die Kontakte schließen und das Planetenmobil losfährt, probiert, wie es auf das Kommando „Stop“ reagiert. Reicht die Kraft der Kugel aus, um die Kontakte zu trennen und das Planetenmobil anzuhalten? Wenn alles in Ordnung ist, schaltet den Elektromotor zum zweiten Mal ein und laßt auf die Steuerkontakte Kugeln fallen, so daß ihr die Fahrtrichtung des Planetenmobils ändert, ohne es anfassen zu müssen. Ist eure Konstruktion nicht sehr schwer und ziehen der bzw. die Elektromotore gut, so könnt ihr das Planetenmobil auch im Freien testen.

Ihr könnt für das Planetenmobil aus Pappe eine Karosserie anfertigen, die oben Öffnungen zur Aufnahme von Steuerimpulsen enthält, und an die Öffnungen schreiben, welche Öffnung welches Kommando empfängt.

Vorn am Planetenmobil kann man einen Stab befestigen, der den Motor abschaltet, nachdem es sich an einem unüberwindbaren Hindernis stößt. Es läßt sich auch so einrichten, daß dann der Rückwärtsgang eingeschaltet wird.

Überlegt euch, was dazu zu tun ist. Der Schlüssel zur Lösung dieser Aufgabe liegt im Steuermechanismus.

BODENPROBEN EINES ANDEREN PLANETEN. Sowjetische automatische Stationen nahmen auf dem Mond Bodenproben. Spezielle Bohrer drangen dabei auch tiefer in den Mondboden ein und gewannen die Bodenproben. Die Proben wurden automatisch auf die Erde zurückgebracht und dann in Laboratorien untersucht.

Mondboden kann nur trocken sein – fest oder pulvrig. Auf den Planeten, die eine wasserhaltige Atmosphäre besitzen, können die verschiedensten Bodenarten vorliegen. Es ist klar, daß für verschiedene Böden auch verschiedene Entnahmegерäte nötig sind.

Nehmen wir an, wir sollen eine Vorrichtung bauen, die festen, aber bohrbaren oder pulvrigen Boden auf dem Mars oder der Venus aufnehmen kann.

Wie könnte die Vorrichtung aussehen?

Am geeignetsten ist offensichtlich eine „Archimedische Schnecke“. Ihr kennt sie vom Fleischwolf her. Sie wird mit einer Kurbel gedreht und drückt dabei die Fleischstücke durch die Messer.

Die Archimedische Schnecke wird in vielen Maschinen zum Transport pulvriger und teigartiger Stoffe angewendet. Es gibt sogar Pumpen, die mit ihrer Hilfe Wasser heben.

In unserem Modell benutzen wir auch eine Archimedische Schnecke. Leider wird man das Modell aber nur ohne Belastung einsetzen können. Das liegt daran, daß die kleinen Elektromotore zu schwach sind, um auch nur etwas Sand zu heben.

Das Gehäuse unseres Gerätes kann ein durchsichtiges Plastikrohr von 2–3 cm Durchmesser sein. So wird man genau sehen können, wie sich die Schnecke dreht. Auf der einen Seite wird das Rohr mit einem in der Mitte durchbohrten Holzpfropfen verschlossen. Etwas unterhalb des Pfropfens soll sich im Rohr ein Loch befinden, durch das der erbohrte Boden in einen Speicher fallen kann.

Nun ist die Schnecke zu bauen. Nehmt einen 4–5 mm starken

Holzstab und einen 5–6 mm dicken Gummischlauch. Der Holzstab soll 5 cm länger sein als das Gehäuse. Spitzt ein Ende an und bindet etwas unter der Spitze den schräg abgeschnittenen Gummischlauch fest. Wickelt dann den Gummischlauch um den Stab und schneidet ihn 3–4 cm vor dem anderen Ende durch. Die Windungen müssen einen größeren Abstand haben, und der Schlauch soll sich nicht verdrehen. Bindet das andere Schlauchende auch am Holzstab fest.

Ihr habt damit eine Archimedische Schnecke vor euch. Allerdings wird sie gewöhnlich nicht so hergestellt. Eine richtige Archimedische Schnecke besteht aus einem Metallband, das sich mit einer Kante um eine Welle windet. Wir haben es durch den Gummischlauch ersetzt. Nun setzt die Schnecke in das Plastikgehäuse ein und steckt den Holzstab (die Welle unserer Schnecke) durch das Loch im Holzpfropfen. Nun ist noch der Elektromotor anzuschließen.

Das Ende der Welle soll etwa 2 cm weit aus dem Pfropfen herausragen. Auf das Ende schiebt ein Stück des Gummischlauches,



aus dem die Spirale besteht. In das hohle Ende des Stückes wird eine Übergangsmuffe gedrückt (ein Stäbchenstück, dessen Hälften unterschiedliche Durchmesser besitzen), um ein Ende Ventilgummi anschließen zu können, das vom Untersetzer des Elektromotors kommt. Es ergibt sich eine biegsame Verbindung. Dadurch kann der Elektromotor zur Schneckenachse geneigt sein.

Haltet nun das Gerät nach unten und schaltet den Elektromotor ein. Die Schnecke beginnt sich zu drehen. Schaut, in welche Richtung sie sich dreht. Sie muß sich in den gedachten Boden bohren, dabei die Erde nach oben transportieren und aus dem Loch in den Speicher werfen.

Ihr könnt nun selbst ein System zum Ein- und Ausschalten des Motors entwerfen, und auch ein System zum Drehen des Gehäuses mit der Schnecke in die erforderliche Richtung. Dazu benutzt die Vorrichtungen, mit denen ihr bekannt geworden seid, als ihr an Modellen von Planetenmobilen gebastelt habt.

PHANTASIEPHOTOGRAPHIEN. Um ferne Welten oder zukünftigen Weltraumverkehr darzustellen, bedarf es einiger Phantasie. Anders sieht es bei dem Mann aus, der alles, was er auf seinen kosmischen Bildern darstellt, mit seinen eigenen Augen gesehen hat. Das ist der zweifache Held der Sowjetunion, Fliegerkosmonaut Alexei Leonow. Er ist schon mehrfach im Weltall gewesen und hat

Kosmische Phantasien

die Sterne, den Mond, die Sonne und unsere Erde nicht nur durch die Sichtfenster, sondern auch beim Ausstieg aus dem Raumschiff – im freien Kosmos – gesehen. Malen ist Leonows Hobby, seine Freizeit widmet er dieser Beschäftigung. Außer ihm gibt es natürlich viele Künstler, die die Raumfahrt illustrieren.

Vielleicht wollt auch ihr mit Bleistift und Pinsel etwas phantasieren; Themen gibt es genug: unbekannte Planeten, Reisen und Abenteuer zu rätselhaften Welten.

Weltraummotive lassen sich aber auch noch anders herstellen und dann mit einer Kamera aufnehmen. Bei einiger Übung werden eure Aufnahmen so aussehen, als seien sie wirklich im Kosmos aufgenommen worden. Nötig ist allerdings eine gute Kamera, mit der man auch Nahaufnahmen machen kann.

Ihr werdet euch gleichzeitig als Drehbuchautor, Regisseur, Dekorator und Kameramann betätigen müssen. Zuerst ist das Drehbuch zu schreiben, d. h., es ist kurz alles das zu formulieren, was ihr zeigen wollt.

Danach ist das Drehbuch in einzelne Szenen zu unterteilen, wobei eine bestimmte Ablauffolge des Geschehens eingehalten wird. Nachdem jede Szene bekannt ist, skizziert man sie schematisch etwa 9 cm × 12 cm groß.

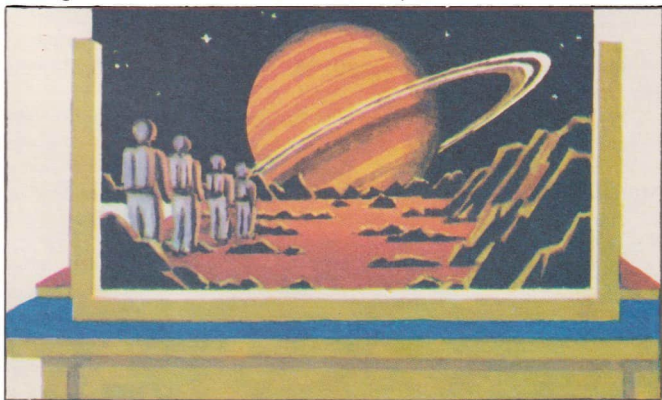
Angenommen, das Thema lautet: Landung einer Expedition auf einem Saturnmond. Die Saturnmonde sind relativ klein, sie besitzen

keine Lufthülle. Die Expeditionsmitglieder tragen also Raumanzüge. Sie nehmen Bodenproben und beobachten den Saturnaufgang. Dementsprechend ist das Modell anzufertigen und danach zu fotografieren.

Für eine Schwarz-Weiß-Aufnahme braucht die Farbgebung nicht genau beachtet zu werden. Es ist nur wichtig, daß sich bei guter Beleuchtung die dunkleren Gegenstände gut vom hellen Hintergrund und die hellen Gegenstände gut vom dunklen Hintergrund abheben.

Die Komposition muß gut durchdacht sein. Die Gegenstände und Kosmonautenfiguren sollen sich in verschiedenen Tiefen befinden.

MODELLE KOSMISCHER DEKORATIONEN. Zum bequemen Arbeiten braucht man eine „Bühne“, die sich z. B. auf einen Hocker stellen läßt. Als Bühne kann man einen mit den Beinen nach oben gedrehten kleinen Tisch verwenden; an den Beinen lassen sich



Dekorationen befestigen. Zwischen die Beine legt eine ebene Tafel—die Bühne.

Fangen wir mit dem Hintergrund an. Wenn er nur einen Sternenhimmel zeigen soll, ist er leicht zu erstellen. Man braucht sogar nicht zeichnen zu können. Auf ein großes Stück Pappe wird weißes Papier geklebt, das, nachdem der Klebstoff getrocknet ist, schwarz angestrichen wird. Man kann natürlich gleich schwarzes Papier verwenden; es darf aber nicht glänzen. Verdünnt euch Deckweiß, taucht einen größeren Pinsel hinein und streicht die überflüssige Farbflüssigkeit ab. Dann bespritzt mit dem Pinsel das schwarze Papier, indem ihr den Pinsel z. B. über eine Messerklinge führt.

Übt euch zuerst an einem losen Blatt Papier. Einige Spritzer sind größer, andere kleiner, wie die Sterne am Sternenhimmel. Nachdem der Sternenhimmel fertig ist, malt mit Wasserfarben auf ein neues Blatt Papier den Saturn mit seinen Ringen. Das Bild wird dann vorsichtig ausgeschnitten und auf die Pappe mit dem Sternenhimmel aufgeklebt, oder nur leicht angeheftet, damit es später an eine andere Stelle gesetzt werden kann. Die Oberfläche des Saturnmondes kann man aus Lehm, Steinen und Sand formen. Wenn ihr euch Mühe gebt, könnt ihr echt aussehende Felswände, Täler und Spalten modellieren.

Wollt ihr auf einem Bild ein Raumschiff zeigen, müßt ihr beachten, daß es nicht stromlinienförmig zu sein braucht, wie die Trägerraketen auf der Erde. Denn bei einem Start von einem Mond, der wegen seiner geringen Größe keine Atmosphäre besitzt, ist eine Stromlinienform des Raumschiffes nicht erforderlich. So ein Raumschiffmodell läßt sich aus verschiedenen kleinen Gegenständen mit regelmäßiger geometrischer Form zusammenkleben. Eine Parabolantenne für die Funkverbindung mit der Erde kann man aus Draht biegen.

Kosmonautenfiguren kann man aus Knete formen. Nachdem alles fertig ist und an seinem Platz steht, ist das Modell gut auszu-

leuchten. Achtet darauf, daß auf dem Sternenhimmel keine Lichtflecken entstehen und die Schatten der Kosmonauten und Felsen nicht auf den Hintergrund fallen.

Macht das erste Probephoto. Es wird einige Mängel aufweisen, die ihr beim nächsten Photo vermeiden könnt. Die endgültige Aufnahme kann so natürlich aussehen, als zeige sie kein Modell, sondern einen Wirklichkeitsausschnitt.

In einer sowjetischen populärwissenschaftlichen Zeitschrift wurde 1956 eine Großaufnahme vom Mond veröffentlicht. Damals flogen noch keine Sonden zum Mond, und es war deshalb dem Leser klar, daß es sich nicht um eine Mondphotographie handelt, obwohl die ringförmigen Berge sehr an die Mondoberfläche erinnerten. Niemand konnte natürlich erraten, daß die Mondoberfläche aus Mehl geformt war.

Man kann auch eine ganze Bilderserie ersinnen und sie auch mit einem Bildwerfer zeigen. Dias mit Schriftzeichen können eingeschaltet sein, die mit weißer Farbe auf schwarzes Papier gemalt wurden. Die Unterschriften sollen aber kurz sein.

Wenn auf einigen Bildern Personen zu sehen sein sollen, so fotografiert einfach einen Bekannten mit. Es läßt sich auch eine Phtomontage erstellen. Zuerst wird der Hintergrund fotografiert und danach die Personengruppe in der erforderlichen Stellung und den entsprechenden Kostümen. (Die Größenverhältnisse kann man dann beim Entwickeln in Übereinstimmung bringen.) Auf den Abzug kann man dann auch noch etwas dazuzichnen. Die Personen werden ausgeschnitten und auf den Abzug mit dem Hintergrund aufgeklebt.

Das entstehende Bild wird abphotografiert.

Derartige Diaserien oder Alben anzulegen wird euch bestimmt viel Freude bereiten. Das werden eure ersten schöpferischen Schritte sein.

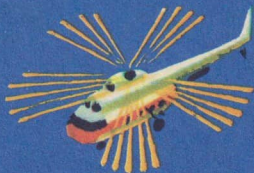
Das Photographieren erlernt man leicht, und die Dekorationen, Kostüme und andere Hilfsmittel könnt ihr auch selbst anfertigen.

gen. Natürlich macht man derartige Aufnahmen am besten zusammen mit Freunden. Eure Phantasie realisierend, werdet ihr sozusagen Teilnehmer an einer Reise zu fernen Welten.

An dieser Stelle beenden wir unsere erste Bekanntschaft mit selbstgebastelten Geräten, Apparaten und der Steuerung selbstfahrender Automaten, die sich auf den Kosmos beziehen.

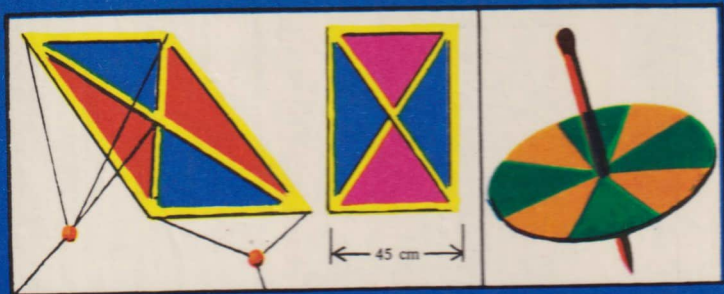


10,50



63





Um Kosmonaut, Raketenkonstrukteur oder Weltraumforscher zu werden, muß man viel wissen, Experimente durchführen und Untersuchungen anstellen können. Vorliegendes Buch enthält Hinweise, wie man selbständig interessante Versuche zum Thema "Kosmos" ausführen kann. Man kann diese Versuche zu Hause oder in einem technischen Zirkel anstellen. Sie beruhen auf physicalischen Gesetzen, die man in der Schule lernt. Man findet hier Versuche zum atmosphärischen Luftdruck und zum Vakuum, zu Wärmeerscheinungen, Trägheit und Schwerelosigkeit, sogar zur Spektralanalyse und zu Prinzipien der Fernsteuerung von Planetenmobilen.

