

HOBBY TIP DER HOBBYTHEK WDR

Nr.106

Spiele mit Physik

von und mit Wolfgang Bürger
und Jean Pütz



Liebe Zuschauer!

Zunächst möchte ich Sie darum bitten, es uns nicht übel zu nehmen, daß es wieder so lange gedauert hat, bis Sie die Anleitung erhalten haben. Noch niemals riefen uns so viele ungeduldige Zuschauer an. Viele wollten vor allem unser Rezept der Riesen-Seifenblasen wissen (das mit dem Dioclylnatriumsulfosuccinat) oft auch, weil sie bereits ein Kinderfest geplant hatten. 2 Zuschauer haben sich sogar an unseren Intendanten gewandt um sich zu beschweren, weil sie glaubten, wir wollten Ihnen etwas unterschlagen. Ich muß hier nochmals um Nachsicht bitten, beim besten Willen geht's nicht schneller. 4 Studenten bewerkstelligen in Verbindung mit Damen und Herren der Justizvollzugsanstalt Köln den Versand, aber über 100.000 Zuschriften lassen sich auch nicht mit einem solchen Aufgebot in Windeseile erledigen. Hinzu kommt, daß wir erst drucken können, wenn wir die Nachfrage kennen, denn Nachdrucken ist für uns unerschwinglich teuer. Hobby-

thekstammzuschauer kennen diese Probleme. Sie haben sich darauf eingestellt. Alle neuen Zuschauer bitte ich, uns trotz allem in Zukunft ihr Auge und Ohr zu schenken. Aus dem Verlauf der Einschaltquoten wissen wir, daß wir nun, nach fast 10 Jahren Hobbytheke (im Dezember dieses Jahres feiern wir das Jubiläum) mehr Zuschauer als je zuvor haben. Im WDR III erreichen wir jetzt Einschaltquoten, die regelmäßig um 15% herum liegen, und damit sind wir im ersten Halbjahr '84 die Sendesparte mit der dritthöchsten Einschaltquote geworden, nur der Spielfilm am Donnerstag und die Musiksendung Formel 1 waren höher. Dies freut uns natürlich sehr vor allem, weil dies beweist, daß nicht nur pure Unterhaltung eine Chance hat. Wir, das Hobbythekeam, haben Ihnen dafür zu danken. Mit dieser Sendung der Hobbytheke wollen wir vor allem die Menschen erreichen, die - vielleicht schulgeschädigt - physikalischen Experimenten verständnislos gegenüberstehen und Physik einfach langweilig finden.

Wir wollten demonstrieren (und hoffen, es ist uns gelungen), daß Physik nicht nur etwas mit so komplexen und gefährlichen Sachen wie etwa einem Atomkraftwerk zu tun hat, sondern auch unterhaltsam sein kann. Machen Sie mit und lassen Sie sich überzeugen, wie anregend Spiele mit Physik sein können und mit wie wenig Aufwand sich hübsche physikalische Spielzeuge bauen lassen! Die physikalische Erkenntnis fängt nämlich nicht mit mathematischen Formeln an, wie manche Lehrer zu glauben scheinen, sondern mit dem Sich-Wundern über die unerwarteten Antworten der Natur auf manche unserer Fragen, warum zum Beispiel eine Seifenblase farbig schillert, eine unverspiegelte gläserne Christbaumkugel aber nicht, ja, warum eigentlich?

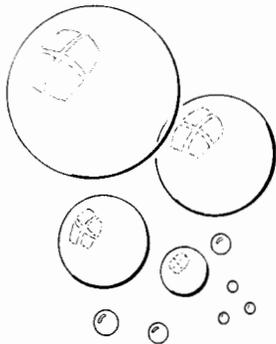
Viel Spaß jetzt mit unseren Spielen mit Physik!

Herzlichst Ihr



Jean Pütz

Seifenblasen

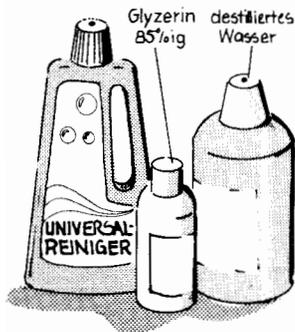


Wenn Sie Sinn für Poesie haben und etwas Muße, dann geben Sie sich einmal dem Spiel mit Seifenblasen hin! Lassen Sie sich von ihrer Farbenpracht bezaubern, und träumen Sie ihnen nach, wenn sie aufsteigen und entschwinden, um irgendwo in einen feinen Regen von Tropfen zu zerplatzen. Warum bildet sich diese schillernde Haut, warum sind kleine schwebende Blasen kugelförmig, warum sind sie so vergänglich? Gewiß haben Seifenblasen die Menschen entzückt, seit vor etwa 5000 Jahren die Seife

von den Sumerern erfunden wurde. Frühzeitig hat ihre farbige Pracht die Maler angeregt, Pieter Bruegel d.Ä. hat 1560 in seinem Bild "Kinderspiele" auch die Seifenblasen verewigt. Sogar die Mathematiker beschäftigen sich seit mehr als zwei Jahrhunderten mit der Berechnung der Flächen kleinsten Flächeninhalts, der sog. Minimalflächen, die sich mit Seifenhäuten modellieren lassen. Natürlich wollen Sie jetzt erst einmal wissen, wie man brauchbare Seifenblasen herstellt.

1. Rezept für Seifenlösung

(für kleine Blasen)



Glycerin destilliertes
85%ig Wasser

In unserem ersten Rezept für "normale" Blasen verwenden wir nur Substanzen, die in fast jeder Drogerie oder Apotheke zu haben sind. Nehmen Sie:

2 Teile eines Seifenmittels

1 Teil destilliertes Wasser

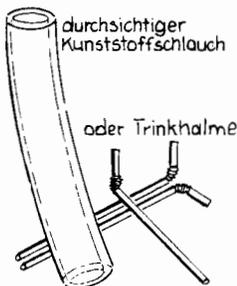
1/2 - 1 Teil Glycerin.

Je nachdem, wieviel Seifenlösung Sie herstellen wollen, können "Teile" Fingerhüte, Schnapsgläser, Tassen oder Liter bedeuten. Als Seifenmittel geeignet sind billige Autoshampons (möglichst ohne Fett- und Aromastoffe), aber auch ein Reiniger wie der General oder Meister Proper tut's

nach unseren Erfahrungen gut. Spülmittel eignen sich weniger, vielleicht wegen der Zusätze und Beimischungen. Schmierseife, auch flüssige, ist unbrauchbar. Je nach Konsistenz des Reinigers muß evtl. etwas mehr Wasser zugegeben werden. Das Wasser muß destilliert sein, weil normales Leitungswasser kalkhaltig ist und Kalk die Seife bindet. Glycerin gehört in die Lösung, weil es die Zähigkeit des Films erhöht und sein Austrocknen verzögert.

Mit dieser Lösung lassen sich Blasen passabler Größe von einigen Sekunden Lebensdauer herstellen.

Pusterohre



durchsichtiger
Kunststoffschlauch

oder Trinkhalme

Als "Pusterohr" eignet sich z.B. ein einfacher Trinkhalm. Besonders gut funktioniert's mit einem durchsichtigen Kunststoffschlauch, der gerade abgeschnitten ist: Eintauchen, abtropfen lassen, schräg nach unten halten und vorsichtig blasen! Beim Eintauchen überspannt sich die Öffnung mit einer Seifenhaut, die Sie zur Blase aufblasen können. Je größer die Öffnung ist, desto mehr Seifenlösung enthält die

Haut, und desto größer läßt sich die Blase machen. Blasen Sie nicht zu fest, damit der Luftstrahl nicht ein Loch in die Blase reißt! In Seifenblasen herrscht ein Überdruck wie in einem Luftballon, in kleinen Blasen ist der Druck höher als in großen Blasen. Für solche, die es genau wissen wollen: Dafür gilt eine Formel zum Nachrechnen, und zwar ist für eine kugelförmige Blase vom Radius r der Überdruck p

Die nur von der Substanz (und der Temperatur) abhängige Konstante mit der griechischen Bezeichnung σ ("sigma") ist die sog. Oberflächenspannung. Anhand der Formel kann man leicht einsehen, warum kleine Blasen kugelförmig sind, während große Blasen "wobbeln" und

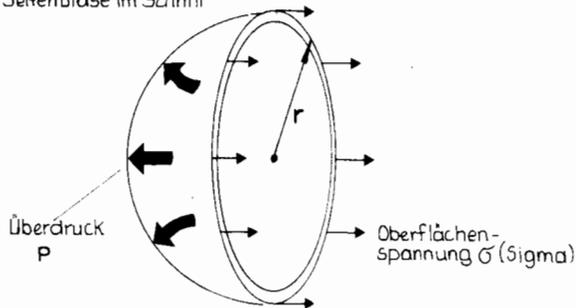
ihre Form ändern. Kleine Blasen haben hohen Innendruck und verhalten sich demnach ähnlich wie ein prall aufgeblasener Gummiball, während große Blasen mit ihrem geringen Innendruck eher einem schlappen Ball entsprechen, der schon viel Luft verloren hat.

$$p = \frac{4 \sigma}{r}$$

Die Oberflächenspannung einer typischen Seifenlösung beträgt etwa 25 dyn/cm oder $2,5 \cdot 10^{-4}$ N/cm (Newton pro cm). Eine Seifenblase von 5 cm Durchmesser ($r=2,5$ cm) hat daher nach unserer Formel einen inneren Überdruck von $p = 4 \cdot 10^{-4}$ N/cm² oder rund 0,00004 Atmosphären. Das ist wahrhaftig nicht viel, reicht aber aus, um uns die ganze bunte Vielfalt der Seifenblasen zu bescheren. Übrigens wiegt die ganze Seifenhaut einer 5cm-Blase bei einer Dicke von 1/1000 mm nur 8 Milligramm, die in der Blase enthaltene Luft mehr als zehnmal so viel.

Ein Beispiel

Seifenblase im Schnitt



Für richtig große Blasen nimmt man am besten einen verdrehten Ring von 15 - 20 cm Durchmesser aus etwa 2,5 mm starkem Kupfer- oder Messingdraht. Der Draht darf nicht zu dünn sein, damit der Ring steif genug ist. Es klappt auch gut mit einem Ring aus Schweißdraht, über den ein Schnürsenkel gezogen ist. Schnürsenkel sind in der Regel in Schlauchform gewebt, innen hohl oder mit einem Bindfaden als Seele, der herausgezogen werden muß. Die Wendeln des Drahts wie auch das Gewebe des Schnürsenkels wirken als Vorratsbehälter für Seifenlösung und sorgen dafür, daß die Blasenhaut nicht zu dünn wird. Der Clown Pic vom Zirkus Roncalli, dessen sensible Pantomime mit Seifenblasen wir in die Sendung eingebildet hatten, vertraut

auf diese Methode. Er muß es wissen, er ist ja schließlich ein "Profi". Die käuflichen Pusteringe von Pustefix tun es ebenfalls gut; sie sind mit einer großen Zahl von Lamellen versehen, in denen sich die Flüssigkeit sammelt.

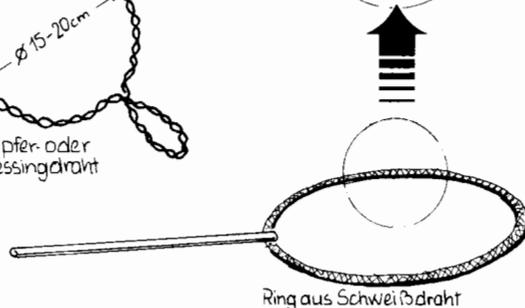
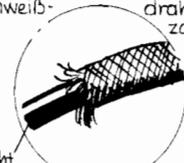
Puste-Ringe

Schnürsenkel wird über den Schweißdraht gezogen



Kupfer- oder Messingdraht

Schweißdraht



Ring aus Schweißdraht



Wenn der Topf in Drehung versetzt wird, verdreht sich der Draht.

Ping-Pong mit der Seifenblase



Gefäße für Kleine und große Mengen Seifenlauge

Einen verdrehten Ring aus verhältnismäßig dickem Draht herzustellen, ist recht mühsam. Vielleicht kommen Sie selbst darauf, wie man sich die Arbeit erleichtern kann. Für den Fall, daß Sie gerade keine Idee haben, verraten wir Ihnen hier unseren Trick: Schneiden Sie etwa 2 m des Drahtes von der Rolle. Nehmen Sie den Draht doppelt und hängen ihn mit dem geschlossenen Ende an der Decke oder einem Haken oder Fensterrahmen auf. Am anderen Ende befestigen Sie einen schweren Gegenstand, z.B. einen großen Topf. Versetzen Sie den Topf in Drehung, so geht das Verdrehen des Drahtes leicht. Es geht natürlich auch mit dem Schraubstock, in den die beiden Drahtenden eingespannt werden. Das Verdrehen geschieht mit einem Holzstöckchen. Aus dem verdrehten Draht können Sie anschließend den Drahtring mitsamt Handgriff zurechtbiegen. Achten Sie darauf, daß der Ring ganz eben ist und nirgendwo scharfe Kanten vorstehen, die die Seifenblasen oder Sie selbst verletzen können!

Um Seifenblasen zu erzeugen, tauchen Sie den Ring vollständig in die Seifenlösung ein und ziehen ihn seitwärts heraus, damit sich die Öffnung mit einer Seifenhaut überzieht. Wenn Sie den Ring vorsichtig quer zur Fläche hin- und herbewegen, beult der Fahrtwind die Haut wie eine weiche Gummimembran aus. Damit Sie nicht zu große Mengen Seifenlösung brauchen, können Sie anstelle eines Eimers eine flache Schale, z.B. eine Bratpfanne, benutzen. Der Ring mit der Seifenhaut wird anschließend vorsichtig quer zur Ringebene durch die Luft bewegt, damit der aufgestaute Fahrtwind die Seifenhaut zu einer Blase auf-

bläst. Um die Blase zu schließen und abzulösen, brauchen Sie nur den Ring zu drehen oder seitwärts wegzuziehen. Mit etwas Übung werden Sie bald heraushaben, wie Sie den Ring am günstigsten bewegen und drehen müssen – es ist leichter zu tun als in Worten zu beschreiben. Je größer die Blase ist, desto langsamer muß die Bewegung des Ringes sein. Für sehr große Seifenblasen brauchen Sie nur ganz wenig Überdruck. Durch vorsichtige Bewegung des Ringes können Sie den Zustrom der Luft viel feiner dosieren als beim Blasen mit dem Mund durch ein Rohr, und vor allem entsteht kein scharfer Strahl. Seifenblasen bis zu 50 cm Durchmesser haben wir im Studio geschafft, für Rekordversuche ist die klimatisierte Studioluft allerdings zu trocken. Der Clown Pic spielt sogar Ping-Pong mit einer kleinen Seifenblase als Ball und einer Seifenhaut in seinem Ring als Tennisschläger. Das können Sie auch, wenn Sie ein bißchen üben. Die Grundregel beim Spiel mit Seifenblasen ist, daß alle Gegenstände, die mit Seifenblasen in Berührung kommen, vorher mit Seifenlauge benetzt werden müssen. Sonst zerplatzt die Blase beim leisesten Kontakt.

Wenn Sie solch große, stabile Blasen herstellen wollen, werden Sie mit unserem ersten Rezept wenig Erfolg haben. Für größere und dauerhaftere Seifenblasen haben wir andere Rezepte ausprobiert. Der Nachteil: Man braucht Chemikalien, die nicht überall erhältlich sind, vor allem nicht in den geringen Mengen, die Sie benötigen. Wir geben Ihnen weiter unten Adressen an, wo Sie alle Substanzen, die Sie brauchen, in geeigneten Mengen beziehen können.

500 ml 2%ige Sulfobernsteinsäure - bis-2-ethylhexylester Natriumsalz (Dioctylnatriumsulfosuccinat)

400 g Dextrose (oder Puderzucker)

400 ml Glycerin (85%ig)

Um eine 2%ige Lösung der chemischen Substanz mit dem zungenbrechenden Namen herzustellen, die den Seifengrundstoff bildet und auch kürzer Dioctylnatriumsulfosuccinat heißt, lösen wir 10 g davon in 490 ml destilliertem Wasser. Das gibt nach Adam Riese 500 g Lösung. Die weiße, wachsartige Substanz läßt sich am besten auflösen, wenn man sie in kleine Stücke schneidet oder mit den Fingern zerbröckelt. Sie löst sich von selbst auf, aber sehr langsam. Der Vorgang dauert 24 Stunden. Zwischendurch sollte man das Gefäß immer wieder einmal schütteln, damit wirklich keine ungelösten Brocken zurückbleiben. Bitte achten Sie darauf, daß die Sulfobernsteinsäure Lösungsmittelfrei (vor allem äthanolfrei) ist. Benutzen Sie nur die Substanz, die eine wachsähnliche Beschaffenheit besitzt. Nur mit der funktioniert es problemlos. Diese Seifenlösung gibt man in einen Kochtopf, fügt den Zucker hinzu und erhitzt das Ganze vorsichtig (Stufe 1 beim Elektroherd). Der Zucker löst sich innerhalb von 10 Minuten auf. Das erkennt man daran, daß die Flüssigkeit im Kochtopf klar wird. Nun muß man nur noch das Glycerin hinzufügen und umrühren - fertig.

Der Traubenzucker trägt wie das Glycerin dazu bei, die Seifenlösung zäher und die Seifenhäute dauerhafter zu machen. Mit dieser Lösung haben wir unsere größten und langlebigsten Blasen bekommen! Aber seien Sie

auf der Hut! Jede der großen Blasen enthält eine beträchtliche Menge Flüssigkeit. Beim Platzen der Blasen geht ein Sprühregen von Tropfen auf den Boden, nach einiger Zeit ist der Fußboden glatter als eine Eisfläche. In der Seifenblasenecke des Studios war der Boden während der Sendung gefährlich glitschig. Um ein Haar wäre der Maskenbildner, der ahnungslos quer durch die Gefahrenzone lief, ein Hobbythek-Opfer geworden, aber glücklicherweise konnte jemand den Zweizentnermann gerade noch auffangen.

Wir haben noch zwei weitere Rezepte ausprobiert für Seifenlösungen, die sich besonders gut zu den Versuchen eignen, die wir weiter unten besprechen. Wir werden sie an den entsprechenden Stellen mitteilen. Außerdem gibt es ein fertiges Konzentrat, das bequem zu verarbeiten ist und gute Blasen liefert, wenn man die folgende Rezeptur beachtet. Man nehme:

150 ml Pustefix-Konzentrat (s. Beschaffungsnachweis)

350 ml destilliertes Wasser

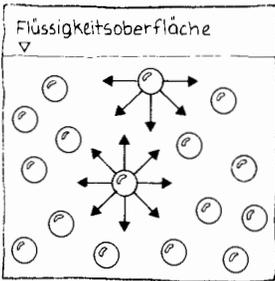
100 ml Glycerin

Alles gut vermischen - fertig ist die Lauge!

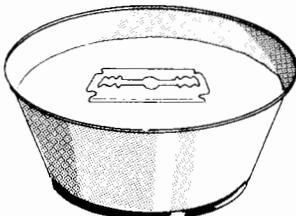
Wenn Sie eine Weile mit Seifenblasen gespielt und die Augen offen gehalten haben, sind Ihnen sicherlich allerhand Fragen gekommen. Am Anfang steht die Frage, warum man überhaupt mit Seifenlauge Blasen machen kann, mit reinem Wasser dagegen offensichtlich nicht.

Die Oberfläche jeder Flüssigkeit, sei sie nun Wasser, Öl oder Quecksilber, verhält sich so, als ob sie mit einer dünnen Haut über-

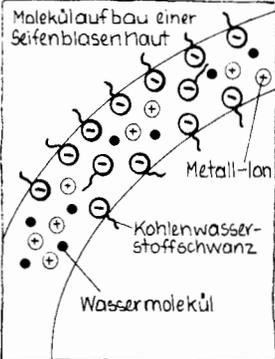
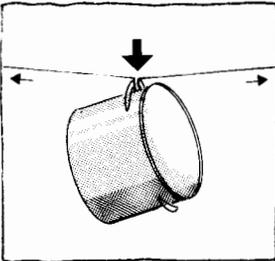
Hier unser 2. Rezept



Flüssigkeitsoberfläche
Bewegungsrichtung der Moleküle in der Flüssigkeit



Die Rasierklinge schwimmt auf der Wasseroberfläche



zogen wäre. Das ist auf die sog. Oberflächenspannung zurückzuführen. Wir haben geschrieben "als ob", denn da ist nicht wirklich eine Haut, sondern die kleinsten Teilchen der Flüssigkeit, die Moleküle, verhalten sich an der Oberfläche anders als im Innern der Flüssigkeit. Während ein Molekül im Innern rundherum von anderen Molekülen umgeben ist und deshalb keinen Grund hat, eine Bewegungsrichtung zu bevorzugen, werden die Moleküle in der Nähe der Oberfläche bevorzugt nach innen gezogen, was als Oberflächenspannung in Erscheinung tritt. Die Oberflächenspannung ermöglicht es vielen Insekten, regelrecht übers Wasser zu laufen. Aber auch ein leichtes Puder, etwa Pfeffer, bleibt, wie in der Hobbythek-Sendung "Schabernack" gezeigt wurde, länger an der Oberfläche. Selbst eine Rasierklinge geht nicht unter, wenn sie vorsichtig aufs Wasser gelegt wird. Sehen Sie ganz genau hin, dann entdecken Sie, daß sich die Wasseroberfläche um die Rasierklinge herum etwas eingedellt hat. Um das Gewicht zu tragen, das die Rasierklinge nach unten ziehen möchte, muß die Oberflächenspannung am Rand der Klinge nach oben ziehen, und das würde eine ganz ebene, horizontale Wasseroberfläche nicht können.

Dazu gibt es noch einen anderen, wie ich meine, überzeugenden Versuch, den man nur zu zweit machen kann. Hängen Sie einen schweren Gegenstand, z.B. einen großen Topf, an eine annähernd horizontal gespannte Schnur. Versuchen Sie einmal, die Schnur so gerade zu machen wie ein Lineal! Eher reißt die Schnur, als daß sie sich ganz strecken ließe. Der Grund ist der-

selbe wie bei der Rasierklinge auf der Wasseroberfläche: Der nach unten gerichteten Gewichtskraft des Topfes müssen aufwärts gerichtete Kräfte in der Schnur das Gleichgewicht halten. Dazu kann die Schnur nicht horizontal sein, weil die Kraft in der Schnur die Richtung der Schnur hat.

Was allgemein über die Oberfläche von Flüssigkeiten gesagt wurde, gilt auch für Seifenhäute - mit dem Unterschied, daß die Haut, die eine Seifenblase umhüllt, eine dünne Flüssigkeitsschicht mit zwei Oberflächen ist, einer inneren und einer äußeren. Warum bildet eine Seifenlösung Häute, reines Wasser aber nicht? Das kann nicht allein an der Größe der Oberflächenspannung liegen, die für Wasser etwa dreimal so groß ist wie für Seifenlösung. Eine Seifenlösung besteht aus den Molekülen des Wassers und des Seifenmittels. Die Seifenmoleküle zerfallen in wässriger Lösung in elektrisch positiv geladene Metallionen, die sich im Innern der Flüssigkeit verteilen, und elektrisch negative Ionen, die sich in eine extrem dünne Schicht an beide Oberflächen drängen. Die negativen Ionen bestehen aus einem wasserliebenden (hydrophilen) "Kopf", den Sie in die Flüssigkeitsschicht hineinstecken, und einem wasserfeindlichen (hydrophoben) "Schwanz", der nach außen gerichtet ist. Wie eine Polizeikette einen Menschenstrom hindert diese (nur ein Molekül dicke) Schicht von Seifenionen die kleineren Wassermoleküle am Verlassen des Seifenfilms, der dadurch vor dem raschen Austrocknen geschützt wird. Vergrößert sich die Oberfläche örtlich (z.B. durch einen Windstoß, der die

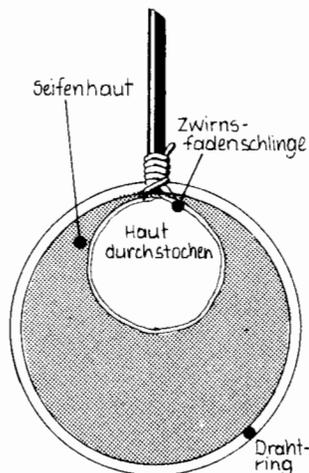
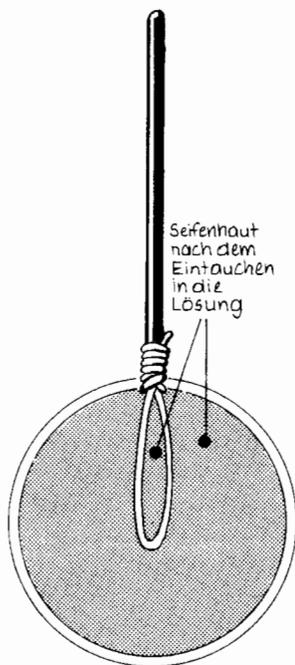
Blase ausbeult), so vermindert sich an dieser Stelle durch die Dehnung des Films der Anteil der Seifenionen in der Oberfläche, und durch den vergrößerten Anteil des Wassers vergrößert sich auch die Oberflächenspannung. Wie beim Tauziehen zieht daher das Wasser als der "stärkere" Partner die "schwächere" Seifenlauge an sich. In der Seifenlauge entsteht also eine Strömung, die darauf gerichtet ist, das alte Gleichgewicht wieder herzustellen. Man spricht von einem "stabilen" (d.h. "sichereren") Gleichgewicht.

Ein Wort noch zur Wirkung des Glycerins und der Dextrose! Wir hatten gesagt, diese Zusätze erhöhten die Zähigkeit des Films. Was heißt das eigentlich? Daß Honig zäher ist als Wasser, merkt man erst, wenn man ihn bewegt. Auch die Seifenlösung ruht nicht, sondern fließt in der Blasenhaut unter der Wirkung der Schwerkraft nach unten. Die Blase wird unten zunehmend dicker, oben immer dünner, bis sie schließlich zerplatzt. Glycerin und Traubenzucker verringern die Beweglichkeit der Moleküle oder Ionen in der Seifenlösung und zögern die Zerstörung der Blase hinaus. Große Blasen haben eine kürzere Lebensdauer als kleinere Blasen nicht nur, weil die Seifenhaut oben dünner ist, sondern auch, weil sie unter höherer Spannung steht, muß doch der obere Teil der Blase den ganzen Rest der Blasenhaut tragen, die dichter ist als die sie umgebende Luft. Wenn die Blase platzt, was nicht notwendig am oberen Scheitel geschieht, wird nahezu die gesamte Arbeit, die zum Aufblasen der Blase erforderlich war, in die Bewegung der Tropfen gesteckt -

kein Wunder, daß man über und über bespritzt wird. Das wissen wir von einem "Klassiker": Charles Vernon Boys, der schon um die Jahrhundertwende populäre Vorlesungen über Seifenblasen gab. Er hat beobachtet, daß die Ströme der Tröpfchen und der Luft beim Zerfall der Blasen entgegengesetzte Richtungen haben. Nach dem Erhaltungssatz des Impulses bekommt daher die ausströmende Luft den entgegengesetzten Impuls wie die versprühten Tröpfchen. Da die Masse der Luft in der Blase viel größer als die Masse der Seifenhaut ist (für eine Seifenblase von 5 cm Durchmesser und eine Seifenhautdicke von 1 μ wiegt die Haut etwa 8 Milligramm, die Luft mehr als das Zehnfache), geht fast alle Energie an die Tröpfchen. Das ist wie bei einer Kanone. Es wäre schlimm, wenn die Kanone durch den Rückstoß genauso viel Energie bekäme wie das Geschöß.

Lassen Sie uns die Erklärungen mit einem kleinen Experiment abschließen, das auf eindrucksvolle Weise die Spannung in einer Seifenhaut demonstriert.

Wir befestigen an einem Drahring eine kleine Zwirnsfadenschlinge und tauchen den Ring in die Seifenlösung, als ob wir eine Seifenblase machen wollten: Die Fadenschlinge soll ganz in der Seifenhaut liegen und auch in ihrem Innern von Seifenhaut erfüllt sein. Durchstechen wir jetzt die Seifenhaut in der Fadenschlinge, spannt sich der Faden zu einem Kreis. Das kleine Experiment gelingt immer und überrascht jeden, der es zum ersten Mal sieht. Es beweist nicht nur, daß in dem Film eine Spannung herrscht, sondern die

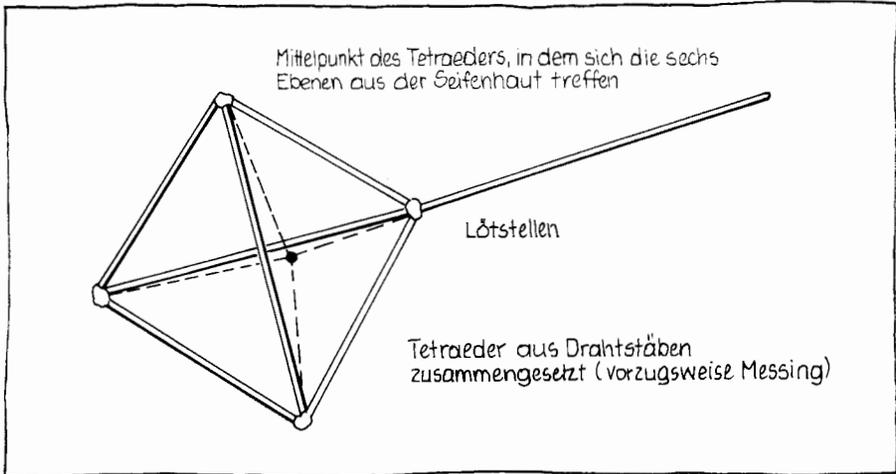


Kreisform des Fadens zeigt darüber hinaus, daß die Spannung rundherum gleich ist.

Seifenhäute sind für Mathematiker vor allem deswegen interessant, weil sie Flächen kleinster Oberfläche, sog. Minimalflächen, modellieren. Die Minimalfläche in einem ebenen Drahtring, mit dem wir Seifenblasen gemacht haben, ist einfach die ebene Kreisfläche. Wenn man das Gerüst eines Polyeders (Vielflächners) in die Seifenlauge eintaucht, z.B. eines Tetraeders (Vierflächner) - auch "Picassoeuter" genannt, weil oft die Milchbeutel so eine pyramidenähnliche Form aufweisen - oder eines Würfels, entstehen Seifenhautflächen von ästhetischem Reiz. Das einfachste Muster im Tetraeder sind 6 Ebenen, die von den Kanten ausgehen. Sie schneiden sich unter einem Winkel von 120° , das ist eine Gleichgewichtsbedingung. Bläst man mit einem dünnen Trinkhalm (der vorher mit Seifenlauge benetzt wurde) in den Mittelpunkt, da wo die sechs Ebenen zusammenstoßen, et-

was Luft hinein, entsteht dort ein kleines Tetraeder, das von Kugelflächen begrenzt ist. Man kann dieses "sphärische Tetraeder" mit etwas Glück auch dadurch erzeugen, daß man den Tetraederrahmen mit den 6 Seifenhautebenen nochmals in die Lauge eintaucht und dabei Luft mit einschließt. Beim Würfel ist es ähnlich. Beim ersten Eintauchen entstehen (meist) 12 Ebenen, die von den Kanten ausgehen und sich unter 120° schneiden, sie lassen ein Loch in der Mitte. Durch nochmaliges Eintauchen unter Ein-schluß von Luft können wir einen "sphärischen Würfel" in die Mitte zaubern.

Wie macht man am einfachsten die Polyedergerüste? Eine Möglichkeit, die wir ausprobiert haben, besteht darin, die Polyeder aus 2 mm dickem Messingdraht zusammenzulöten. Man kann sich überlegen, daß das Tetraeder vier, der Würfel acht "dreizählige" Ecken hat, d.h. von jeder Ecke gehen drei Kanten aus und deshalb muß mindestens ein Drahtstück beginnen oder enden. Mit weniger als zwei

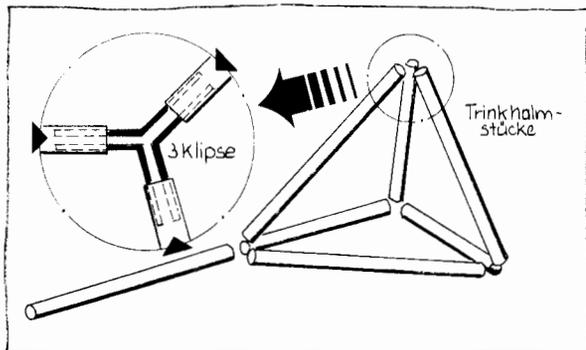
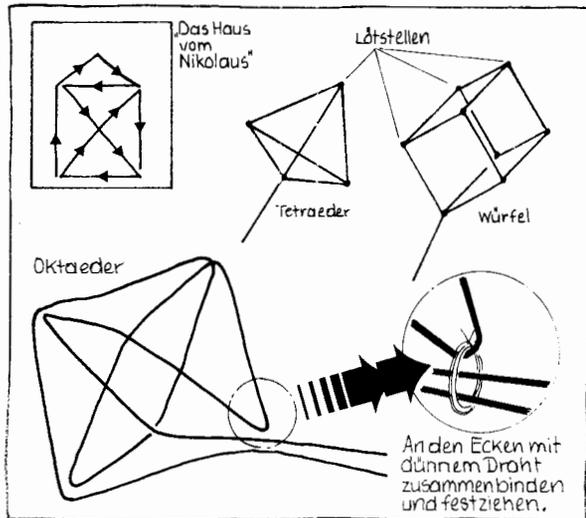


Drahtstücken beim Tetraeder und vier Drahtstücken beim Würfel kommt man deshalb nicht aus. Das ist wie bei den Figuren, die man in einem Zug zeichnen kann - oder auch nicht. Erinnern Sie sich an "Das ist das Haus vom Nikolaus"? Es gelang uns nicht, die Drähte scharf genug zu biegen, um sie an den Ecken vorbeilaufen zu lassen, und so haben wir das Tetraeder und den Würfel aus lauter einzelnen Drahtstücken (von etwa 7 cm Länge) zusammengelötet. Das Tetraeder ist einfacher herzustellen als der Würfel, weil Dreiecke von Natur aus steif sind. Der Würfel wird nur von den Lötstellen an den Ecken in seiner Form gehalten. Würde man die Ecken gelenkig machen, fiel er in sich zusammen. Das Oktaeder (Achtflächner) hat sechs vierzählige Ecken, an denen jeweils zwei Drähte durchlaufen können. Wir haben es deshalb aus einem einzigen Drahtstück zurechtgebogen und die Drähte an den Ecken mit dünnem Draht zusammengebunden. Weil der Draht sich, wie schon gesagt, an den Ecken nicht scharf biegen läßt, wird das Oktaeder auf diese Weise nicht so schön wie die gelöteten Polyedergerüste, aber dafür ist es in zehn Minuten fertig.

Wir haben noch eine viel einfachere Lösung gefunden, die Polyedergerüste zu bauen. Wir schneiden die Kanten aus dünnen Trinkhalmen (von etwa 3 mm Dicke) zu und verbinden an den Ecken jede Kante mit jeder Kante mittels Verschlussklipsen (Tiefkühlbeutelverschlüssen aus einem Kunststoffstreifen mit eingelegtem Draht), die wir in die Halme stopfen. Auf diese Weise gelingen ganz rasch Tetraeder, Oktaeder, Würfel; ja sogar ein "Pentagondodekaeder" und ein

"Ikosaeder" haben wir schnell zusammengesteckt. Wenn Sie's auch so machen wollen, vergessen Sie nicht, an eine Ecke ein zusätzliches Stück Trinkhalm als Handgriff zu stecken, den Sie beim Eintauchen in die Seifenlösung brauchen. Wenn das Gerüst aus geraden Stücken besteht wie den Kanten eines Vielflächners, können die Minimalflächen in diesem Rahmen nur Ebenen und, falls sie Luftblasen enthalten, sog. Flächen konstanter mittlerer Krümmung sein. Es gibt keinen mathematischen Beweis da-

für, daß diese Flächen Kugelflächen sind, obwohl man sie dafür halten möchte. Wo sich drei Seifenhäute treffen, bilden sie miteinander Winkel von 120° . Genauso sind Schäume aufgebaut. Richtig schönen Schaum dazu können Sie sich durch Blasen mit einer Gießkannentülle herstellen, die Sie in die Seifenlauge getaucht haben. Wenn Sie sehen wollen, wie solcher Schaum im Mikroskop aussieht, können Sie auch größere Blasen mit einem Trinkhalm als Bläserohr an- und aufeinandersetzen.

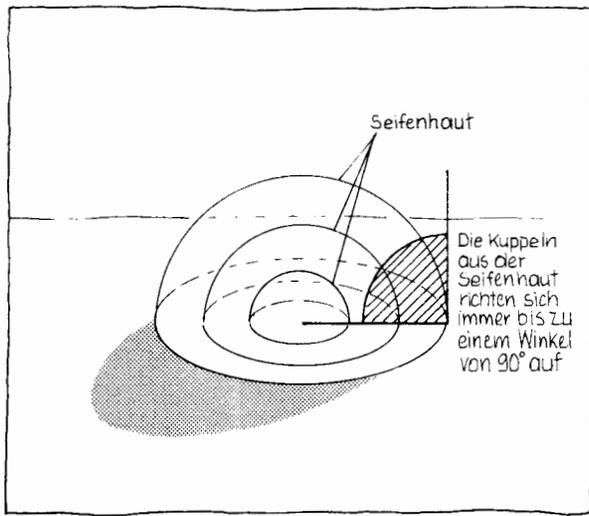


Allgemeinere Minimalflächen bilden die Seifenhäute in einem Gerüst aus räumlich gekrümmten Kurven, beispielsweise in einer Drahtspirale. Den Mathematikern ist die genaue Form der Seifenhaut nicht so wichtig, die sich in einem solchen Rahmen bildet, sie fragen vor allem danach, ob es in demselben Gerüstkörper vielleicht noch andere Formen von Seifenhäuten geben kann und, falls ja, wie viele. Beim Würfel gibt es z.B. ohne Blase drei Lösungen. Die Antworten der Mathematiker hängen von sehr genauen mathematischen Voraussetzungen ab, und wenn zu viele einschränkende Voraussetzungen gemacht werden, kann es wohl auch vorkommen, daß die Seifenhaut mathematisch gar nicht

existiert.

Jetzt haben auch die Architekten und Ingenieure die Bedeutung der Seifenhäute für den Bau von Hallen und Pavillons aus Membranen und Luft erkannt. Der Stuttgarter Architekt Frei Otto entwickelte das Dach des Münchener Olympiastadions, ein Netz von Stahlseilen, dessen Rauten mit Acrylglascheiben ausgefüllt sind, an einem Seifenhautmodell. Die Entwicklung ist weitergegangen zu Tragluft-hallen, die sogar die Luft als tragendes Element ausnutzen; entweder wie bei Tennishallen mit innerem Überdruck, die zum Betreten eine Schleuse nötig machen, oder in der Art von Häusern, wie Kinder sie sich gern aus aufgeblasenen Luftmatratzen bauen.

Eine Tragluft-halle aus Seifenhaut bauen wir in unserem vorletzten Seifenblasenexperiment. Wir benetzen eine Glasplatte oder -schöner - einen Spiegel mit Seifenlaug und setzen mit einem Trinkhalm als Blasrohr eine Blase darauf. Es wird eine perfekte Halbkugel. Wundert es Sie nicht, daß die Seifenhaut senkrecht auf den Spiegel aufsetzt, d.h. der sog. "Randwinkel" 90° beträgt? Ein Wassertropfen auf einer Glasscheibe besitzt einen kleineren Randwinkel, wovon Sie sich schnell überzeugen können. Dafür gibt es eine einfache Erklärung. Durch die vorherige Benetzung des Spiegels setzt sich der Seifenfilm vom Blasenrand auf die Spiegelfläche fort.



Da die Oberflächenspannung überall gleich ist, zieht die Spannung in der Blase den Blasenrand nach innen, solange der Randwinkel kleiner als 90° ist, oder nach außen, wenn er größer ist. Erst wenn der Randwinkel 90° erreicht hat, bleibt die Blase in Ruhe. Mit einem mit Seifenlösung benetzten Trinkhalm können wir nun die Seifenhaut gefahrlos durchstechen und eine zweite, kleinere Blase in die erste hineinsetzen und so fort! Bis zu 8 Blasen hat Karen, unsere studentische Mitarbeiterin, ineinandergeschachtelt. Das sieht wunderschön aus wie ein gläsernes Schloß mit vielen Mauern. Mit etwas Phantasie kann man sich die Märchenprinzessin oder den Prinzen dazu ausdenken.

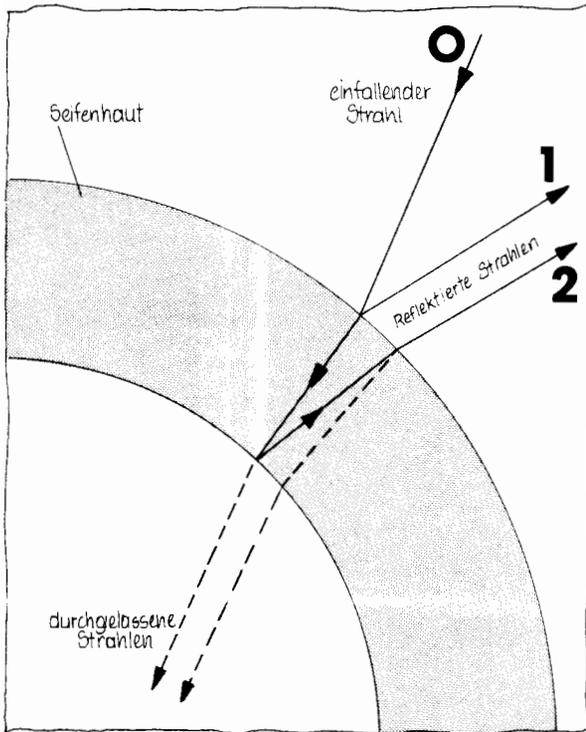
Aller guten Dinge sind Drei!

Damit Ihnen das Experiment gut gelingt, empfehlen wir Ihnen unser

3. Rezept für Seifenlösung:

- 5 Teile Reinigungsmittel
- 4 Teile Glycerin (85%ig)
- 1 Teil Wasser

Als Reinigungsmittel eignet sich vor allem Autoshampoo. Diese Mischung hat sich beim Halbkugelexperiment bestens bewährt. Für normale Blasen, die wir mit dem Ring machen, ist sie zu zäh.



Wir können unsere kleine Seifenblasenshow selbstverständlich nicht beenden, ohne von den schillernden Farben zu sprechen, in denen Seifenhäute im weißen Licht erscheinen. Wie entsteht diese prächtige Färbung? Eine Seifenhaut hat, wie wir schon festgestellt haben, zwei Oberflächen. Sie wirkt deshalb auf einen ankommenden Lichtstrahl wie ein doppelter Spiegel. Der Lichtstrahl (O) wird sowohl an der vorderen als auch an der hinteren Fläche teilweise reflektiert, und zwar werden etwa 4 % der ankommenden Lichtintensität zurückgeworfen, der Löwenanteil, 96 %, geht hindurch. Von dem verwickelten Reflexionsvorgang ist für das Verständnis der Seifenbla-

senfarben nur wichtig, daß zwei Strahlen (1 und 2) zurückgeworfen werden, von denen der eine (2) einen längeren "optischen" Weg zurückzulegen hatte. Man spricht von einem "Gangunterschied" der beiden Strahlen. Wir müssen nur noch verstehen, wie die beiden reflektierten Strahlen sich überlagern. Dabei spielt die Wellennatur des Lichts die entscheidende Rolle. Vom Regenbogen weiß man, daß weißes Licht sich aus den "Spektralfarben" von Rot bis Violett zusammensetzt. Sie unterscheiden sich durch ihre Wellenlängen, die etwa zwischen 4 und 8 Zehntausendstel Millimeter liegen. Betrachten wir z.B. den Rotanteil! Ist der Gangunterschied der

beiden Strahlen für rot gerade so groß, daß die beiden reflektierten Wellen (1 und 2) entgegengesetzt schwingen, dann löschen sie sich gegenseitig aus. Das bedeutet, daß rot in dem reflektierten Licht fehlt und unser Auge daher die Ergänzungsfarbe blaugrün wahrnimmt. Wenn die Seifenhaut unterschiedliche Dicke hat, hat sie auch unterschiedliche Farben. Leuchtende Farben treten nur auf, wenn die Seifenhaut dünner als etwa 1 Tausendstel Millimeter, also kaum dicker als die Wellenlänge des Lichts, ist. Für größere Filmdicken überlagern sich die verschiedensten reflektierten Strahlen, und der Seifenfilm erscheint mit zunehmender Dicke immer mehr weiß. Eine unverspiegelte gläserne Christbaumkugel hat z.B. eine viel zu dicke Wandung, als daß sie in bunten Farben erscheinen könnte. Der dünne Ölfilm auf einer Pfütze ist dagegen genauso bunt wie eine Seifenhaut.

In der Sendung haben wir Ihnen noch ein allerletztes, (aber besonders schönes) Experiment vorgestellt: die Seifenblasenorgel. Sie funktioniert auch mit unserem zweiten Rezept, aber wir haben dafür ein spezielles Rezept ausgegraben, das schon Joseph Antoine Ferdinand Plateau (1801-1883) verwendete, sozusagen der Urvater der Wissenschaft von den Seifenblasen. Seine bahnbrechenden Untersuchungen zur Physik der Oberflächen von Flüssigkeiten machte er in der zweiten Hälfte seines Lebens, als er schon völlig blind war. Die Lösung eignet sich auch für unser vorhergehendes Experiment mit den Halbkugelblasen, aber weniger für die Herstellung von Seifenblasen mit Blasringen.

Noch eine gute Mischung:

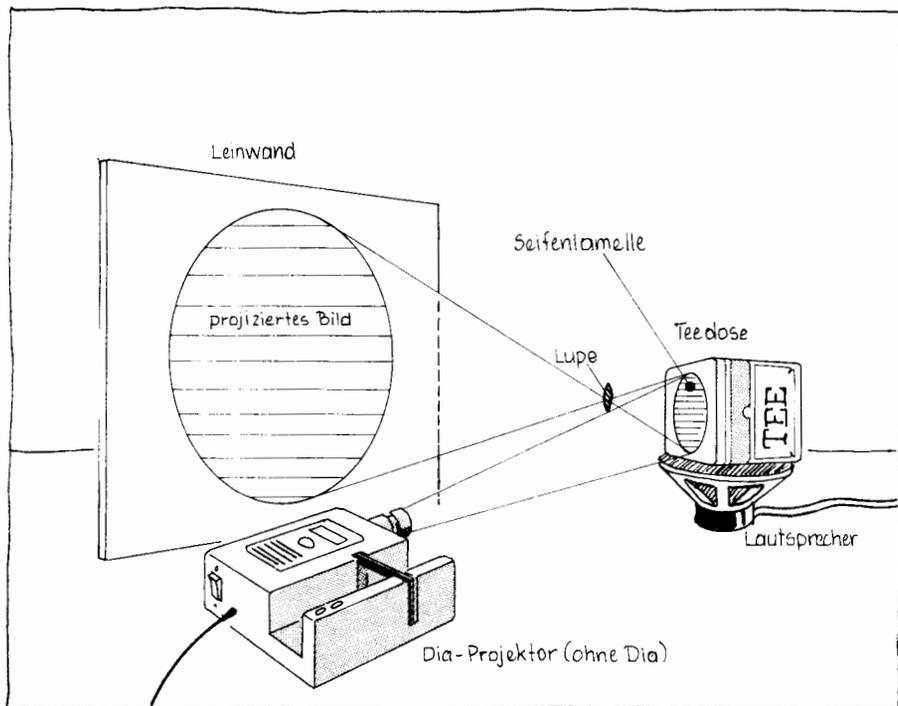
12,5 g Natriumoleat
 500 ml destilliertes Wasser
 300 ml Glycerin (85 %ig).

Das Natriumoleat wird in das destillierte Wasser gegeben, und die Mischung bleibt einen Tag stehen.

Sie ist empfindlich gegen Luft und Licht, deshalb sollten Sie die Mischung dunkel und unter Luftabschluß aufbewahren. Danach das Glycerin zugeben, kräftig umschütteln und nochmals eine Woche im Dunkeln und verschlossen stehenlassen. Von der fertigen Lösung die obere Schicht vorsichtig abschöpfen, nur die klare Flüssigkeit für den Versuch verwenden! Manchmal enthält das Natriumoleat zu viel freie Natronlauge.

Dann kann man nur raten, ein anderes Fabrikat zu kaufen. Wir haben uns bemüht, im Bezugsquellenverzeichnis solche Hersteller nachzuweisen.

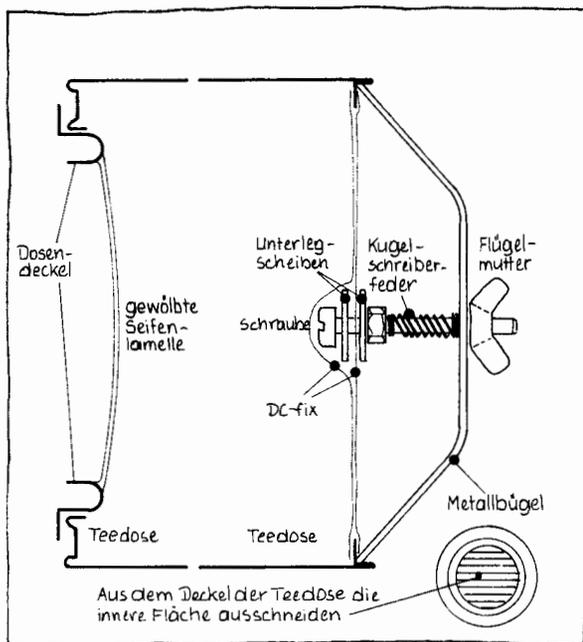
Nun bauen wir die Seifenblasenorgel: Um Ihnen den Nachbau so einfach wie möglich zu machen, benutzen wir nur Gegenstände, die fast in jedem Haushalt vorhanden sind. Wir beleuchten den Seifenfilm mit einem Diaprojektor. Eine Lupe oder ein Objektiv projiziert sein Bild auf eine Leinwand, und ein Lautsprecher bringt ihn zum Schwingen. Zunächst brauchen wir eine Fassung für die Seifenlamelle. Eine würfelförmige Teedose, mit 10 cm Kantenlänge ist da gerade richtig. Den flachen mittleren Teil des runden Dosendeckels können Sie mit einer Nagelschere ausschneiden. Dabei ist sauberes Arbeiten geboten, um den Deckel nicht zu verbiegen oder die Rostschicht anzukratzen. Wenn



Ihnen das zu viel Arbeit ist, können Sie den Deckel auch weglassen und die Dosenöffnung als Fassung für die Seifenhaut nehmen. Die Rückwand der Dose wird bis auf einen 0,5 cm breiten Rand herausgeschnitten und als neue Rückwand eine mattschwarze, flexible Kunststoffolie (z.B. DC-fix) luftdicht eingeklebt.

Die Folie soll zum einen das durch die Seifenlamelle hindurchgehende direkte Licht schlucken, zum anderen läßt sich mit ihr die Krümmung der Lamelle feinregulieren, vor allem etwas in die Dose hineinwölben, wie dies in der Zeichnung angedeutet ist. Die Lamelle wird so zu einem Hohlspiegel. Für die Projektion reicht dann eine Linse kleinen Durchmessers aus.

Wenn Sie entweder die Öffnung der Dose oder ihren Deckel mit seinem ringförmigen Wulst in Seifenlösung tauchen, wölbt sich die Lamelle zunächst etwas nach außen, weil zu viel Luft in der Dose ist. Mit einem Strohhalm, den Sie nach Retetzen mit Seifenlösung vorsichtig durch den Seifenfilm hindurchstechen, können Sie Luft aus der Dose absaugen, bis sich die Lamelle, kaum sichtbar, nach innen wölbt. Für erste Versuche reicht diese Methode. Wesentlich genauer läßt sich die Wölbung einstellen, wenn Sie, wie in der Zeichnung gezeigt, eine Regulierschraube an der Folienvand anbringen, um diese vor- oder zurückzuwölben. Geführt wird die Schraube von einem zurechtgebohenen und durchbohrten Metallstreifen (z.B. einem flachen Aluprofil), den Sie mit Zweikomponentenkleber am Dosenrand befestigen können. Sie können die Rückwand und damit auch die Seifenlamelle mit einer



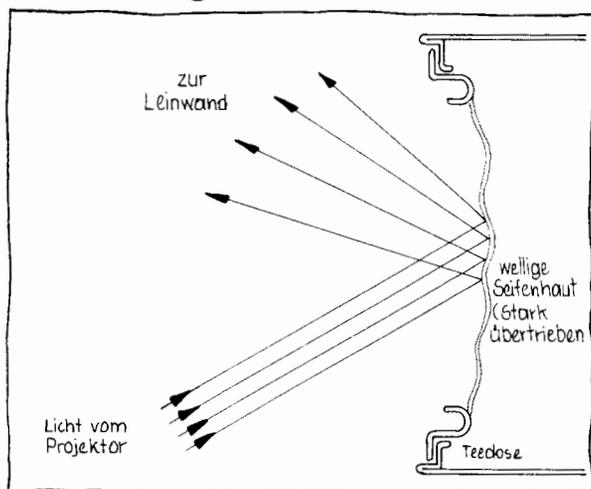
Flügelmutter so weit zurückwölben, daß das reflektierte Licht vollständig in die Projektionslinse gelangt. Allerdings wird sich die Teedose mit der Zeit erwärmen und die Luft in ihr sich ausdehnen, und Sie müssen nach dem Einsetzen eines neuen Seifenfilms mehrmals die Wölbung nachstellen. Wenn Sie auch die Deckelseite mattschwarz gestrichen haben, ist der Rahmen für die Seifenlamelle perfekt.

Die Seifenlamelle wird aus etwa 30 cm Entfernung von einem Diaprojektor beleuchtet. Das Licht wird wie von einem Spiegel nach dem Gesetz: Einfallswinkel = Reflexionswinkel reflektiert, muß also etwas schräg einfallen, um am Diaprojektor vorbei auf die Leinwand gelangen zu können. Damit die Lamelle scharf auf die Leinwand abgebildet wird, halten Sie eine starke Lupe

in etwa 20 cm Entfernung vor die Lamelle und stellen deren Wölbung so ein, daß das reflektierte Licht in die Lupe gebündelt wird. Durch Verändern des Abstandes wird das Bild scharfgestellt, die Lupe sollte dabei möglichst parallel zum Seifenfilm stehen.

Wesentlich bessere Ergebnisse lassen sich mit einem Projektionsobjektiv von etwa 150 mm Brennweite erzielen. Auch das Teleobjektiv Ihrer Spiegelreflexkamera können Sie ausprobieren. Dagegen ist die Brennweite des Projektionsobjektives üblicher Diaprojektoren mit etwa 85 mm zu klein. Man muß dann so nah an die Lamelle herangehen, daß das Objektiv deren Beleuchtung stört. Ein Versuch lohnt sich aber trotzdem, weil der Seifenfilm durch die kurze Brennweite besonders stark vergrößert wird.

Erinnerung an die Brennweite:



Haben Sie schon einmal mit einer Lupe gezündelt? Ja? Dann wissen Sie auch, wie man die Brennweite einer Lupe bestimmt. Die Entfernung von Papier und Brennglas ist die Brennweite. Etwas physikalischer ausgedrückt: Die Sonne, quasi unendlich weit entfernt, wird durch die Lupe in unendlicher Verkleinerung in den Brennpunkt abgebildet. Sollte die Sonne gerade nicht scheinen, können Sie mit einer Lampe in einigen Metern Entfernung die Brennweite näherungsweise bestimmen.

Was Sie bisher auf Ihrer Leinwand gesehen haben, waren vermutlich nur waagerechte, farbige Streifen, die im Bild mit der Zeit nach oben wandern, in Wirklichkeit nach unten, weil die Lamelle langsam nach unten fließt und daher oben dünner wird. Das Bild wird durch die optische Abbildung mit der Linse umgedreht. Einen ersten Eindruck von der enormen Beweglichkeit des Seifenfilms

bekommen Sie, wenn Sie mit einem Strohhalm vorsichtig von der Seite gegen die Lamelle blasen. Es lassen sich so die tollsten Farbwirbel auf der Leinwand erzeugen. Viel interessanter aber ist es, die Farben durch Musik zum Tanzen zu bringen. Der Seifenfilm gerät nämlich wie ein Trommelfell ins Schwingen, wenn er mit einem Lautsprecher beschallt wird. Am günstigsten ist es, den Lautsprecher direkt unter den Seifenfilm zu stellen. Worauf es uns ankommt, sind nämlich nicht die eigentlichen Schwingungen der Lamelle, sondern die Strömungen, die am ehesten bei seitlicher Beschallung entstehen. Da hauptsächlich die tiefen Töne eine Wirkung zeigen, eignet sich am besten ein kleiner Baßlautsprecher; ein einfaches Kofferradio mit eingebautem Lautsprecher tut's aber auch. Um die Farben richtig in Schwung zu bringen, müssen Sie den Lautsprecher recht laut stellen. Die eigentlichen Schwingungen der Sei-

fenlamelle machen sich dann als dunkle, konzentrische Ringe auf der Leinwand bemerkbar. Wie die nebenstehende Zeichnung zeigt, wellt sich die Lamelle nämlich wie eine Wasseroberfläche, nachdem man einen Stein ins Wasser geworfen hat. Dadurch wird ein Teil des Lichtes in die falsche Richtung reflektiert und gelangt nicht mehr in die Lupe bzw. das Objektiv. Die entsprechenden Stellen erscheinen schwarz auf der Leinwand. Das stört, läßt sich bei der einfachen Projektionsoptik aber nicht vermeiden. Wenn Sie den Seifenfilm von der Seite betrachten, können Sie sehen, wie er schwingt. Je nach Tonhöhe bewegt er sich einige hundertmal pro Sekunde vor und zurück!

Damit Ihr Versuch ebenso gut gelingt wie unserer, müssen wir Ihnen noch ein paar Erfahrungen mit der Plateauschen Lösung (4. Rezept) mit auf den Weg geben: Die Lösung sollte einige Tage gut verschlossen ruhen, bevor Sie sie zum ersten Mal verwenden. Wenn Sie zum Herstellen der Lamelle irgendeinen passenden Dosendeckel als Behälter nehmen, kommen Sie mit jeweils etwa einem Eßlöffel der Lösung aus. Gebrauchte Seifenmischung bitte nicht in die Flasche zurückgeben, da Seifenfilme allgemein sehr empfindlich gegenüber Verunreinigungen reagieren! Auch sollten Sie die Flasche stets gut verschlossen und kühl aufbewahren. Sauberes Arbeiten wird mit Lamellen belohnt, die weit über eine Viertelstunde halten. Bis kontrastreiche Farben erscheinen, dauert es aber immer einige Minuten, weil der Film anfangs relativ dick ist und der Flüssigkeitsfilm erst abfließen muß. Sie können versuchen, diesen Vorgang

durch Blasen mit einem Strohalm zu beschleunigen. Wenn umgekehrt die Lamelle nach einiger Zeit sehr dünn und einfarbig (meist gelb) geworden sein sollte, lassen sich die alten Farben oft wieder herstellen, indem man mit dem Strohalm etwas von der am Deckelrand angesammelten Flüssigkeit hochwirbelt. Ein sehr eindrucksvoller Effekt ist bei Plateaus Mi-

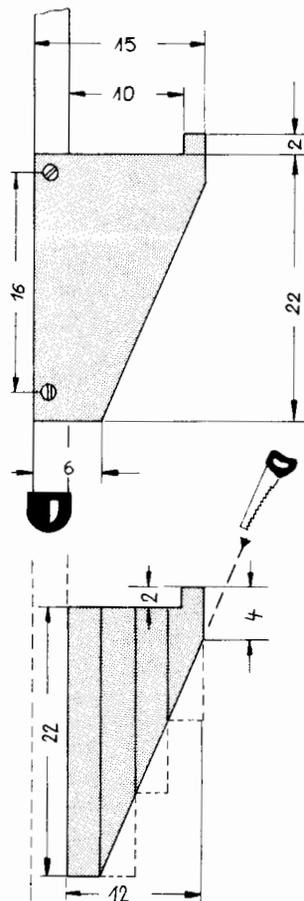
schung übrigens zu beobachten, wenn Sie ein Fläschchen (ca. 25ml, kleine Öffnung) mit konzentriertem Ammoniakwasser (Salmiakgeist, Vorsicht ätzend!) in die Nähe der Lamelle bringen. Der entweichende Salmiakgeist ruft die schönsten Farbspiele hervor, indem er die Oberflächenspannung des Seifenfilms erhöht und dadurch schlagartig seine Dicke ändert.

Die Menschen wollten schon immer größer erscheinen, als sie wirklich sind. Mit Stelzen kann man sich im Nu zum Riesen machen. Die Siebenmeilenstiefel aus dem Märchen sind Ausdruck der menschlichen Sehnsucht, Raum und Zeit zu überwinden. Stelzenlaufen hat in der Kulturgeschichte nicht nur als Kinderspiel Bedeutung gehabt. In einigen Gegenden Afrikas sind Stelzen sogar für Kinder verboten und alleiniges Vorrecht der Medizinmänner bei ihren magischen Riten. In der antiken griechischen Tragödie schritten Schauspieler "auf hohem Kothurn", einem Stelzenschuh. Kämpfe und Balgereien auf Stelzen gehören zum Bild mittelalterlicher Volksfeste. Ein Gemälde von Francisco de Goya (1746 - 1828) zeigt Stelzenläufer beim spanischen Carneval. In den Landes, einer Provinz im Südwesten Frankreichs an der Biskaya hielten früher die Schäfer auf Stelzen Ausschau nach heranschleichenden Wölfen, und dort ist auch heute noch die Tradition des Stelzenlaufs in der Folklore lebendig.

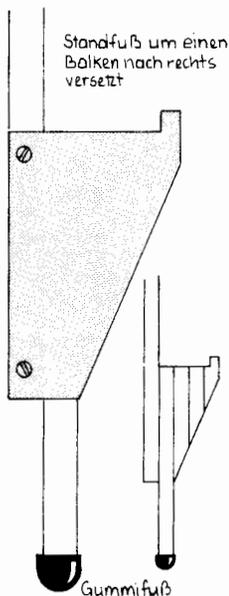
Wenn Sie auch einmal auf Stelzen laufen wollen, können Sie sich sehr leicht selbst welche machen, und zwar bessere als Ihnen in den Spielwarengeschäften angeboten werden. Zwei etwa

2,50 m lange Stäbe von 3 cm x 3 cm Querschnitt bilden die Stützen. Wer mehr als 80 Kilo wiegt, dem empfehlen wir einen etwas größeren Querschnitt von 3,5 cm x 3,5 cm, damit es ihm oder ihr nicht wie der Dickmadam in der Eisenbahn geht. Die Stege, auf denen der Fuß ruht, werden aus den gleichen Stäben gezimmert, mit einer kräftigen Sperrholzverblendung versehen und einfach mit je zwei Schrauben und Flügelmuttern an den Stützen befestigt. Die Abmessungen der Stababschnitte, die mit Holzleim zusammengeklebt und nach dem Abbinden schräg zugesägt werden, entnehmen Sie bitte der Skizze! Wir brauchen für beide Fußstege zusammen nochmals knapp 1,50 m von der quadratischen Leiste. Durch Bohrungen in gleichen Abständen von etwa 16 cm (d.h. etwa bei 10, 26, 42, 58 und 74 cm) lassen sich die Stelzen von etwa 40 bis 80 cm Tritthöhe verstellbar machen. Größere Höhen empfehlen wir Ihnen für den Anfang nicht. Versehen Sie zum Schluß den Stelzenfuß mit einer Gummikappe, damit Ihre Stelzen auch auf Parkettboden nicht rutschen und vor allem keine bleibenden Eindrücke hinterlassen! Solche Gummifüße werden im Möbelhandel für Barhocker angeboten. Um auf den Stelzen festen Halt zu haben, klemmt man sich

Stelzen



die langen Enden der Stützen unter die Achseln. Es gibt auch Stelzen, die wie eine Krücke oben einen Handgriff zum Anfassen haben, aber auf solchen Stelzen fühlten wir uns nicht sicher.



Nicht verstellen kann man eine zweite, von uns ausgedachte Stelzenversion. Wir haben uns nämlich überlegt, daß der Stelzenfuß möglichst zentral unter dem Fußsteg angebracht sein sollte, damit die Stelze nicht so schräg steht, wenn man sich auf ein Bein stellt, und das muß man ja abwechselnd beim Gehen. Hier die Lösung: Wir führen den Stelzenfuß aus dem zweiten Stab der Trittstege heraus. Es bringt keinen Vorteil, ihn noch weiter nach innen zu setzen, weil der Mensch zu den Schultern hin breiter wird und man deswegen die Stelzen ohnehin etwas schräg stellt.

Sie sehen: Diese Stelzen sind auch nicht schwerer zu bauen, und man läuft bequemer damit.

Was hat Stelzenlaufen mit Physik zu tun? Haben Sie sich schon einmal gefragt, warum wir Menschen nicht umkippen, wenn wir auf unseren zwei Beinen stehen? Das liegt nicht nur an unseren Füßen. Wer auf großem Fuße lebt, hat kaum größere Standfestigkeit als jemand mit normalen Füßen. Stelzen haben nur eine ganz kleine Standfläche, und trotzdem fallen Stelzenläufer nicht um. Wir haben in unserem Innern ein Regelsystem mit dem Gleichgewichtsorgan im Innenohr und dem Auge als "Meßglied" und der Muskulatur als "Stellglied", das die Lage des Körpers korrigiert. Wenn wir merken, daß wir kippen, unterwandern wir die Bewegung mit einem Ausfallschritt. Solange wir auf unseren eigenen Füßen stehen, können wir sogar Ausfallschritte vermeiden und auf der Stelle stehen bleiben. Wenn Sie im Stehen die Augen schließen, merken Sie bald, wie Ihr innerer Regelkreis ohne Hilfe des Auges arbeitet. Um auf so hohen Stelzen zu laufen wie unsere beiden Studiogäste, muß man Artist sein, denn wer herunterfällt, riskiert Kopf und Kragen. Gar so gefährlich, wie es aussieht, ist das Stelzenlaufen jedoch nicht, denn die erstaunliche Standfestigkeit der Stelzenartisten hat einen physikalischen Grund: Je höher der Schwerpunkt, desto langsamer das Umkippen, und desto mehr Zeit bleibt dem inneren Regelsystem zum Ausgleich. Dafür gibt es auch Anwendungen im täglichen Leben, z.B. die hoch gepackten Gestellrucksäcke der Fußwanderer, die bequemer sind als die früher üblichen Schulterrucksäcke.

Das Hobbythek Spiegelkabinett

Wer sich im Spiegel betrachten wollte, war bis zum Mittelalter wahrscheinlich auf einfache Metallspiegel angewiesen, polierte Metallplatten, die durch den Gebrauch leicht blind wurden. Erst seit dem Beginn der Neuzeit kann der Mensch sich täglich ein unverfälschtes Bild von sich selbst machen. Zwar waren schon vor zweitausend Jahren in Ägypten auch Glasspiegel in Gebrauch, aber die uns vertrauten hellen Spiegel, die durch Hinterlegen des Glases mit Quecksilber und Zinn entstehen, kamen erst gegen Ende des 16. Jahrhunderts auf. Die erste Spiegelfabrik in Deutschland wurde sogar erst 1697 eröffnet. Die Technik der Glasherstellung hat noch in den letzten Jahrzehnten solche Fortschritte gemacht, daß Spiegelflächen für nicht zu hohe Ansprüche heute nicht

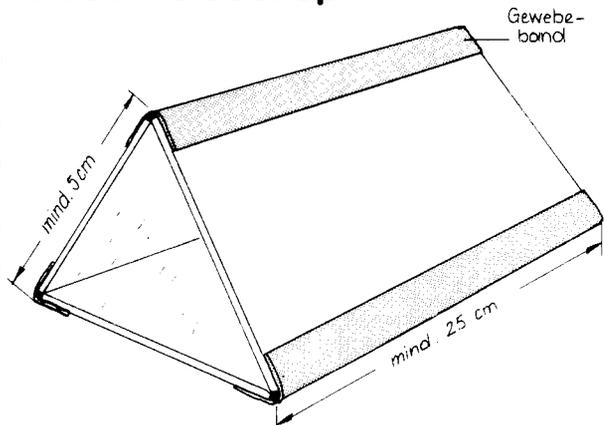
mehr geschliffen werden müssen wie ehemals die "Kristallspiegel". Dadurch ist Spiegelglas erstaunlich billig geworden. Beim Preis eines Spiegels schlägt jetzt vor allem der Arbeitslohn für das Zurechtschneiden und das Abschleifen der Kanten zu Buche.

Unser Spiegelkabinett enthält keine Zerrspiegel und Anamorphosen wie die Kabinette auf Jahrmärkten und in Physikalischen Salons, sondern lauter Spielereien mit ebenen Spiegeln, die unsere Zuschauer preiswert herstellen können: das Kaleidoskop, ein optisches Spielzeug der viktorianischen Zeit, einen Spiegelwürfel mit Vertauschungsspiegeln, mit denen Sie Ihre Bekannten überraschen können, und einen Unendlichkeitsspiegel, der die Illusion einer unbegrenzten Tiefe hervorruft.

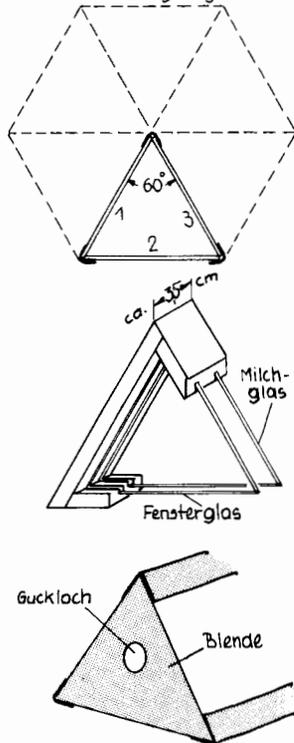


Ein griechisches Kunstwort, das wörtlich übersetzt "Schönbildseher" bedeutet. Es ist nicht die Erfindung des schottischen Physikers David Brewster, wie oft zu lesen ist. Er hat sich dieses optische Spielzeug nur patentieren lassen und es durch sein "Treatise on the Kaleidoscope" 1819 bekannt gemacht. Für ein gutes Kaleidoskop braucht man gute Spiegel, und deshalb hängt die Idee zu diesem "optischen Strahlenkästlein" mit der Verbreitung des Glasspiegels im 17. Jahrhundert zusammen. Auch Goethe hat das Kaleidoskop schon 1818 gekannt.

Das Kaleidoskop



Schema der Spiegelung



Das Grundgerüst eines Kaleidoskops sind drei gleich große rechteckige Spiegel, die man einfach mit Gewebeklebeband zusammenklebt. Man läßt sie sich aus 3 mm dickem Spiegelglas vom Glaser fertig zuschneiden. Die Länge sollte nicht unter 25 cm (der deutlichen Sehweite eines Erwachsenen) liegen, in der Breite reichen 5 cm aus. Selbst die große Ausführung mit Spiegeln von 35 cm x 20 cm, die wir in der Sendung gezeigt haben, kostet nicht mehr als 20 - 30 DM. Beim Zusammenkleben der Spiegel an den langen Kanten entstehen Winkel von 60° (nicht genau, weil wir die Spiegelkanten nicht ganz exakt zusammenfügen). Halten Sie einen vierten Spiegel hinter das dreieckige Rohr, sehen Sie Ihr Spiegelbild unendlich oft vervielfacht. Wenn Sie einen der drei Spiegel im Rohr abdecken, gibt es nur eine Versechsfachung des Bildes, erst der dritte Spiegel bringt die Unendlichkeit.

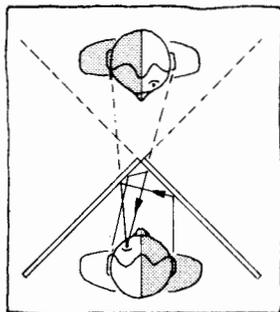
Ein richtiges Kaleidoskop entsteht aus dem Spiegelrohr, wenn man farbige Glassplitter zwischen zwei

dreieckige Glasscheiben bringt, von denen die äußere Milchglas sein muß, damit Licht einfallen kann, ohne daß der Betrachter vom Bild der Umwelt gestört wird. Die beiden Scheiben, die man mit etwas größerer Kantenlänge als der Spiegelbreite schneiden läßt, werden in ca. 2mm tiefe Nuten eines dreieckigen Holzrahmens eingelassen, den man so baut, daß er sich bequem, aber nicht zu locker über das ferne Ende des Dreieckrohrs schieben läßt.

Die Illusion des Kaleidoskops wird vollkommen, wenn dem Auge nur ein kleiner Einblick von höchstens 3 cm Durchmesser gelassen wird.

Wenn wir das Kaleidoskop um seine Achse drehen und die Glassplitter durcheinerschütteln, erleben wir immer neue prächtige Muster, die unser ästhetisches Bedürfnis nach Symmetrie befriedigen. Durch die Auswahl der Glassplitter nach Form und Farbe lassen sich ganz verschiedene Eindrücke erzielen von fast streng geometrischen Mustern bis zu verwunschenen Märchengärten.

Der Spiegel-Würfel



"Warum vertauscht ein Spiegel links und rechts, warum nicht auch oben und unten?" ist eine bekannte Scherzfrage, mit der man Kinder und sogar große Leute verblüffen kann. Was ist Ihre Antwort? - Selbstverständlich vertauscht der Spiegel weder links und rechts noch oben und unten. Es liegt nur an unserer Deutung, bei der wir uns in Gedanken an die Stelle unseres Spiegelbildes versetzen. Unser eigenes Gegenüber und nicht unser Spiegelbild wendet uns die linke Wange auf unserer rechten Seite zu und die rechte Wange auf unse-

rer linken Seite und vertauscht somit die Seiten.

Eine Seite des Spiegelwürfels, den wir in der Sendung gezeigt haben, enthält einen besonderen Spiegel, der uns so wiedergibt, wie andere Leute uns sehen. Kratzen Sie sich am rechten Ohr, kratzt sich Ihr Spiegelbild auch das rechte Ohr, das selbstverständlich, von Ihnen aus gesehen, links ist. Dieser Vertauschungsspiegel ist denkbar einfach zu machen. Wir müssen nur zwei ebene Spiegel im rechten Winkel gegeneinanderstellen. Sie

haben die Beobachtung vielleicht schon mit dem Klappspiegel eines Frisiertischchens gemacht. Eine kleine technische Schwierigkeit beim Aufbau des Spiegels macht die Kante, an der die beiden Spiegel zusammenstoßen. Sie unterbricht das Spiegelbild und sollte so gut wie möglich unsichtbar gemacht werden. Das gelingt umso besser, je dünner das Spiegelglas ist, am besten mit einem unverglastem Metallspiegel.

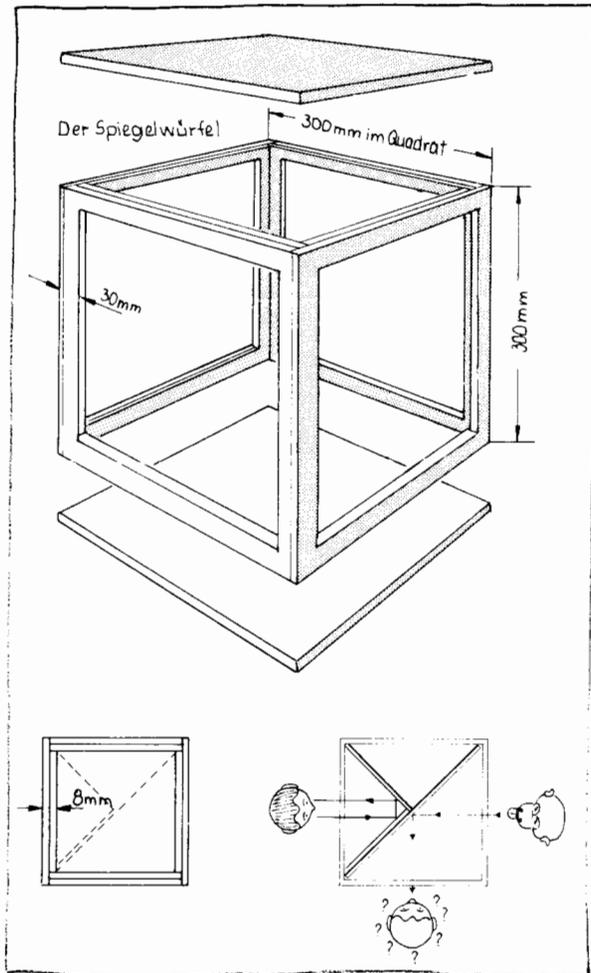
Der physikalische Grund für die Seitenvertauschung durch unseren Spiegel ist eine zweifache Reflexion. Der Lichtweg wird dadurch länger, und das Spiegelbild erscheint uns etwas weiter entfernt. An anderer Stelle im Spiegel sehen wir weitere Spiegelbilder, bei denen rechts und links nicht vertauscht ist. Wer immer noch nicht überzeugt ist, daß unser Spiegel die Seiten vertauscht, der möge den Spiegel um 90° drehen; dann vertauscht er oben und unten, und alles steht kopf.

Eine andere Seite unseres Spiegelwürfels (genau gesagt: zwei) verwendet einen alten Trick des Illusionstheaters, den Magier benutzen, um Teile eines Körpers zum Verschwinden zu bringen. Denken Sie an die "Dame ohne Unterleib"! Schaut man zur einen Seite hinein, blickt einem als Spiegelbild jemand anderes entgegen, der zur nächsten Seite hineinschaut. Ein Diagonalspiegel unter 45° ist das ganze Geheimnis. Besonders auf Kinder macht dieser Effekt großen Eindruck. Das vierte Feld des Würfels kann man mit einem normalen Spiegel oder einem Zerrspiegel füllen.

Der Bau des Spiegelwürfels ist eine kleine Laubsägear-

beit. Für eine mittlere Größe von 30 cm Kantenlänge sägt man die Wandteile aus 4 mm dickem Sperrholz aus, das - wie in der Skizze erläutert - doppelt genommen und verfugt wird. Anschließend läßt man sich die Spiegel vom Glaser diagonal einpassen. Das kostet nur um die 10 Mark, wenn man sich die Spiegel nicht mit schrägen Kanten (auf Gehring) schleifen läßt.

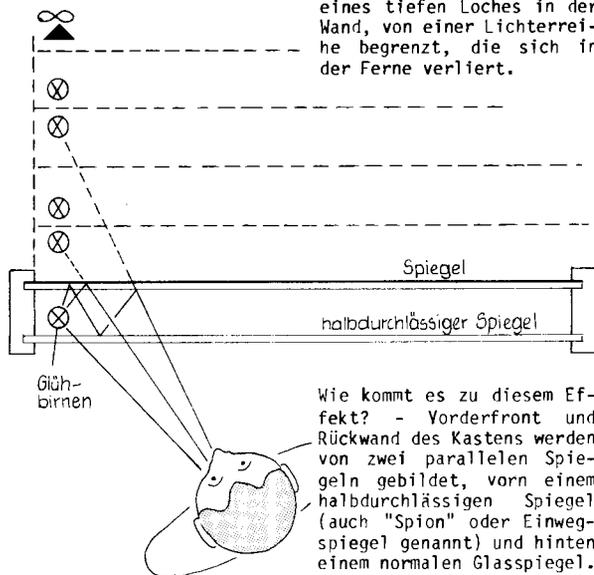
Wir haben auch kleinere Würfel mit 10 cm und einen größeren Würfel mit 50 cm Kantenlänge aus dünnerem bzw. dickerem Sperrholz gezimmert. Im Bastelbedarf bekommt man zuweilen auch fertige Holzkästchen in Würfelform, die sich für unseren Zweck eignen. Es ist aber recht mühsam, aus den fertigen Kästchen die Fenster auszusägen.



Der Bau des Spiegelwürfels ist eine kleine Laubsägear-

Der Unendlichkeits-Spiegel

Erinnern Sie sich an die Steinhägerflasche, auf deren Etikett eine Steinhägerflasche abgebildet ist, auf deren Etikett eine Steinhägerflasche abgebildet ist, auf deren und so weiter bis in alle Ewigkeit? (genaugenommen nur so weit, bis das Bild der Steinhägerflasche so klein wird wie das Druckraster). In der Sendung haben wir Ihnen einen flachen Kasten vorgeführt, der viel damit zu tun hat. Auf den ersten Blick sieht der Kasten wie ein normaler Wandspiegel aus, der in jeder beliebigen Garderobe hängen könnte. Aber er hat es in sich. Wenn man darin Licht macht, erscheint die Illusion eines tiefen Loches in der Wand, von einer Lichterreihe begrenzt, die sich in der Ferne verliert.



Wie kommt es zu diesem Effekt? - Vorderfront und Rückwand des Kastens werden von zwei parallelen Spiegeln gebildet, vorn einem halbdurchlässigen Spiegel (auch "Spion" oder Einwegspiegel genannt) und hinten einem normalen Glasspiegel. Das Licht der Glühlampen im Kasten wird zwischen den Spiegeln hin- und herreflektiert, und bei jeder Reflexion am vorderen, halbdurchlässigen Spiegel wird ein Teil des Lichtes durchgelassen und kann so in unser Auge fallen. Dadurch verliert der Lichtstrahl fortwährend an Helligkeit,

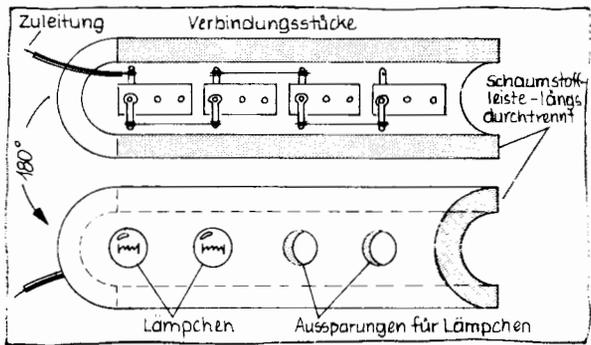
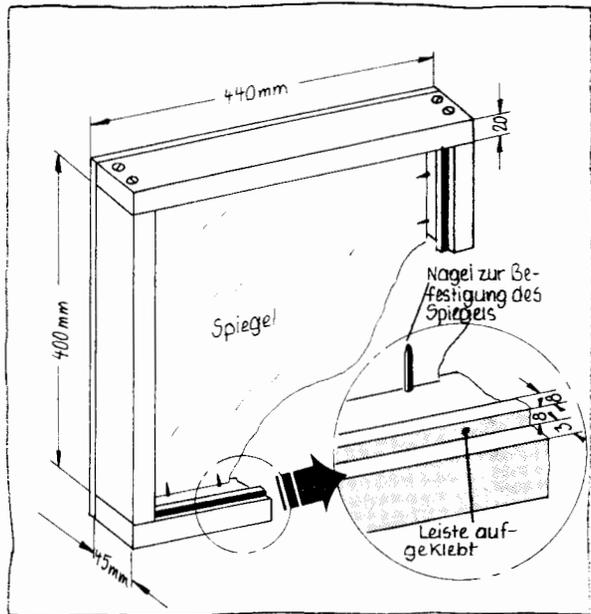
und die Leuchtkraft der Spiegelbilder nimmt mit wachsender scheinbarer Entfernung ab. Man sieht der Lichterreihe an, ob die beiden Spiegel genau parallel sind, denn die Ablenkung der Lichtstrahlen wächst mit der Zahl der Reflexionen an den Spiegeln. Schon bei sehr kleinem Winkel zwischen den Spiegeln erscheint die Laternenallee deutlich gekrümmt.

Wie stellen wir einen solchen Unendlichkeitsspiegel her? Lassen Sie uns mit dem schwierigsten Teil beginnen, der Beleuchtung! Sie besteht aus etwa 40 hintereinandergeschalteten Lämpchen von 6 V Nennspannung und möglichst kleiner Leistung, höchstens 2 W, damit es in dem Kasten nicht zu warm wird. Wenn alle Lämpchen die gleiche Leistung haben, teilt sich die Netzspannung von 220 V gerade so auf, daß jedes Birnchen etwa 6 V erhält. Das ist ähnlich wie bei einer Christbaumbeleuchtung. Sie wollen selbstverständlich genau wissen, wie wir die Birnchen hintereinanderschalten oder wo man sie fertig kaufen kann. Wir haben zwei Lösungen dafür gefunden.

Am einfachsten und preiswertesten ist es, ein fertiges Lichtband zu kaufen. Wir konnten im Handel nur Lichtbänder mit vier Lampensträngen bekommen, aber wir haben mit dem Hersteller ausgemacht, daß Hobbythekezuschauer die Lampenstränge auch einzeln erhalten, und zwar zu dem sehr günstigen Preis von DM 24,30 inclusive Verpackung und Versandkosten. Die Adresse finden Sie im Bezugsquellenverzeichnis am Schluß der Hobbytips. Die andere Lösung ist anspruchsvoller im Arbeitsaufwand und im Preis. Wir haben 40 kleine

Fassungen und ebenso viele 6 V-Birnen mit 2 W Leistung gekauft und die Fassungen mit Kupferdraht hintereinandergelötet. Die Fassungen (oder die gebrauchsfertigen Lampenstränge) kommen in Schaumstoffleisten, zu denen wir das Rohmaterial im Baumarkt entdeckt haben, Röhren aus recht festem, 9 mm dickem Schaumstoff, die normalerweise zur Isolation von Heizungs- und Warmwasserrohren dienen. Der Innendurchmesser der Röhren beträgt 3/8 Zoll oder 15 mm, beide Maße sind geeignet. Für unseren Zweck halbieren wir die Röhren und drücken die Birnen des Lampenstrangs durch den Schaumstoff. Es reicht, die Löcher dafür mit einem Nagel vorzustechen. Bei der anderen Lösung mit Birnen und Fassungen brauchen wir größere Löcher, die wir mit einem 9 mm-Lochseisen schlagen. Die Fassungen werden durchgesteckt und anschließend verlötet. Die Rückseite verdecken wir mit selbstklebendem Isolier- oder Gewebeband.

Wir müssen allerdings Nichtfachleute davor warnen, das eigene Werk ohne fachmännische Prüfung ans Netz anzuschließen. Gehen Sie bitte unbedingt vorher zum Elektriker und lassen es sich von ihm begutachten. Er kann Ihnen sagen, ob Sie keinen Fehler gemacht und alle Sicherheitsregeln eingehalten haben. Wenn auch das einzelne Birnen nur 6 V Betriebsspannung hat, können doch bei fehlerhafter Schaltung an jedem Lämpchen die vollen 220 V gegen Erde liegen. Und 220 V sind, wie Sie wissen, lebensbedrohend. Öffnen Sie bitte den Spiegel und wechseln Sie Lämpchen nur aus, wenn Sie sich davon überzeugt haben, daß der Netzstecker gezogen ist.



Den Kasten für unseren Wanderspiegel schrauben wir aus Holzleisten von 20 mm x 45 mm zusammen, wie aus der Skizze ersichtlich ist, und nageln oder schrauben eine Rückwand aus 3 mm dickem Sperrholz von hinten darauf. Der rückwärtige Spiegel, in der Skizze ein Spiegel von 40 cm x 40 cm, wird mit Drahtstiften gehalten. Zur Befestigung des vorderen, 3 mm dicken halb-

durchlässigen Spiegels nageln oder kleben wir quadratische Leisten von 8 mm x 8 mm Querschnitt in 3 mm Abstand von der Vorderkante in den Kasten hinein. Der vordere Spiegel wird zwischen dieser Leiste und einem Rahmen aus hölzernen Zierleisten festgehalten, die wir von der Vorderseite anschrauben. Die Zierleisten gibt es überall im Bastelbedarf. Nehmen Sie

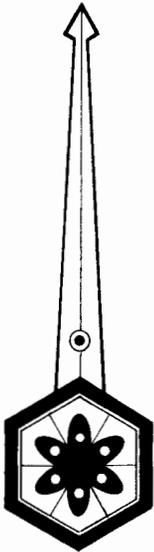
nicht zu kleine Schrauben, damit Sie die Vorderfront leicht öffnen können, wenn eine Birne ausgewechselt werden muß.

Wenn die Beleuchtung Ihres Kastens zu viel Wärme entwickelt - und es kann so weit kommen, daß die Schaumstoffleiste schmilzt - dann wird es gefährlich, und Sie müssen für eine Lüftung sorgen. Dazu bauen Sie den Kasten etwas tiefer, z. B. 6 cm statt 4,5 cm, und bohren in die untere und die obere Leiste

eine größere Zahl Lüftungslöcher. Leider kommt mit der Ventilation auch der Staub in den Spiegel. Deshalb ist die bessere Lösung, die Leistung zu verringern.

Der 3 mm dicke halbdurchlässige Spiegel ist teuer und nicht überall erhältlich. Wir haben Bezugsquellen ausfindig gemacht, wo Sie auch kleinere Stücke verhältnismäßig preiswert bekommen. Die Adressen finden Sie am Ende des Hobbytips.

Die mysteriöse Uhr



Das vorige Jahrhundert war reich an Erfindungen kunstreicher Uhren, deren Gang dem uneingeweihten Betrachter unerklärlich blieb und die man "mysteriös" nannte. Eine der berühmtesten von ihnen ist "La Pendule Mystérieuse" von Robert-Houdin (1805-1871), dem großen Illusionisten und Zauberkünstler, der sich schon als Uhrmacher einen Namen gemacht hatte, bevor er 1845 sein berühmt gewordenes Illusionstheater im Pariser Palais Royal eröffnete. Sie können dieses Meisterwerk der Uhrmacherkunst jetzt in Jürgen Abellers Wuppertaler Uhrenmuseum besichtigen. Diese einzigartige Uhr besitzt nur einen Stundenzeiger, der von der Mitte eines gläsernen Zifferblattes ausgeht. Eine gläserne Säule verbindet Zifferblatt und Sockel der Uhr. Kein Mechanismus ist erkennbar, der den Zeiger bewegt, und doch läuft die Uhr und zeigt die Stunden an.

Die mysteriöse Uhr, die wir in der Sendung vorführten, besteht überhaupt nur aus einem großen Zeiger, den wir der Einfachheit halber aus Holz gefertigt haben. Der Zeiger ist mit einem kleinen Kugellager auf eine Achse aufgesteckt, um die

er in 12 Stunden einmal umläuft. Man steckt die Achse in ein vorbereitetes Loch in der Wand, malt ein Zifferblatt auf die Wand, und fertig ist die Uhr.

Auch unsere mysteriöse Uhr hat ein historisches Vorbild aus dem 19. Jahrhundert, das von Jean Claude Jeunet aus Auxonne (Frankreich) signiert ist. Eine äußerlich etwas verschiedene Uhr, die aber nach demselben physikalischen Prinzip arbeitet, ließ sich 1806 ein gewisser John Smith in England patentieren. Wir hörten erst Anfang dieses Jahres von diesen Uhren und erfuhren damals nichts über ihre Konstruktion. So haben wir uns selbst ans Werk gemacht. Damit Sie die Uhr auch leicht nachbauen können, haben wir uns bemüht, nur solche Teile zum Bau zu verwenden, die heutzutage serienmäßig hergestellt werden, und entsprechend preiswert erhältlich sind, also z.B. keine Federuhrwerke wie beim Original, sondern Quarzwerke. Ehe ich Ihnen die Bauanleitung gebe, möchten Sie sicher gern wissen, wie die Uhr funktioniert. Das ist ein kleines Kapitel Mechanik, es hat mit dem Schwerpunkt zu tun.

Für alle, die sich nicht mehr an die Schulzeit erinnern, eine kurze Erklärung des Schwerpunkts: Spießen Sie eine Scheibe, z.B. einen Bierdeckel, auf eine waagerechte Nadel und erweitern das Loch ein wenig, damit die Scheibe sich leicht um die Nadel dreht, so pendelt sie sich in eine Gleichgewichtslage ein. Die Senkrechte durch den Aufhängepunkt A, die man mit einem einfachen Lot aus Faden und Gewicht bestimmt, heißt Schwerelinie. Die Schwerelinien durch zwei verschiedene Aufhängepunkte z.B. A und A', treffen sich im Schwerpunkt S. Spießen Sie die Scheibe im Schwerpunkt auf, bleibt sie in jeder Lage im Gleichgewicht. Wenn das bei Ihnen nicht so recht gehen sollte, haben Sie vielleicht die Aufhängepunkte zu nahe beieinander oder zu nahe beim Schwerpunkt gewählt, oder Sie haben die Löcher zu groß gemacht. Versuchen Sie's nochmal, es ist gar nicht so schwer.

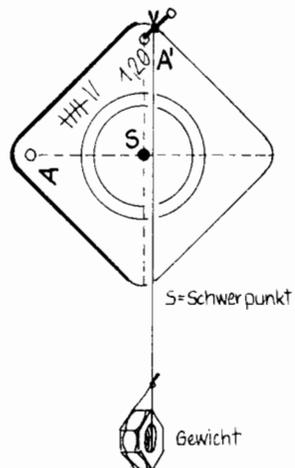
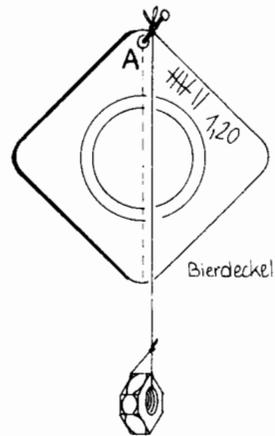
Wie wir schon in der Sendung demonstrierten, pendelt sich der Zeiger in eine Gleichgewichtslage ein, in der die Zeigerstellung die Zeit anzeigt. Nach den Gesetzen der Mechanik muß dazu der Schwerpunkt stets unter dem Aufhängepunkt liegen. Wie erreicht man das? Auf der Rückseite der Uhr kann man es sehen. In dem sechseckigen Gehäuse befindet sich ein Quarzwerk, an dessen Stundenzeigerwelle wir einen Hebel mit einem Bleigewicht befestigt haben. Die Stundenzeigerwelle macht in 12 Stunden einen ganzen Umlauf um 360° (und zwar, von vorn betrachtet im Gegenuhrzeigersinn, weil wir das Werk von hinten eingebaut haben). Wenn die Uhr richtig justiert ist, stellt sich der Zeiger immer so ein,

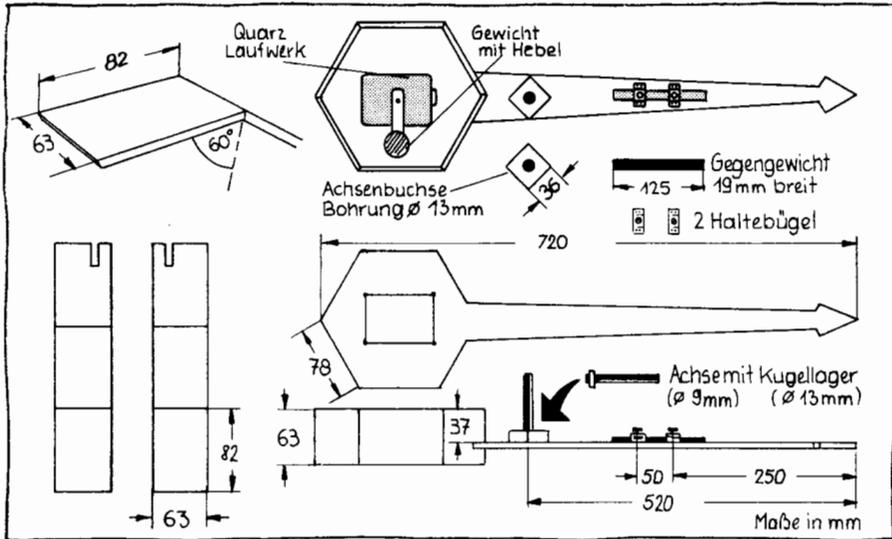
daß der Gewichtshebel senkrecht nach unten weist, deshalb läuft der Zeiger in 12 Stunden einmal im Uhrzeigersinn herum und zeigt an, welche Stunde es geschlagen hat. Leider tut er das wegen der Reibung im Lager nicht ganz genau. Der kleine Hebel mit dem Gewicht stellt sich erst einige Winkelgrade schräg, ehe der Zeiger endlich weiterrückt. Das bedeutet eine Mißweisung bis zu 15 Zeitminuten, wengleich die Uhr wohlverstanden quazuhrge-nau geht. Wir trösten uns damit, daß auch bei dem oben erwähnten Original unserer Uhr die Anzeige bis zu 10 Minuten falsch ist. Der Fehler liegt also in der Natur der Sache.

Nun zur Konstruktion! Das Rückgrat des Zeigers mit dem passenden Loch für das Quarzwerk sägen wir mit der Laubsäge aus 3 mm dickem Sperrholz aus. Das Loch muß so eingepaßt werden, daß die Stundenzeigerwelle des Quarzwerks genau in die Mitte des Sechsecks kommt. Für die sechs Brettchen der Gehäuseverkleidung nehmen wir leichtes Balsaholz von 4 mm Dicke, das es im Flugmodellbau-Handel zu kaufen gibt. Die Brettchen werden an den Kanten auf Gehrung gefeilt, wo sie aneinanderstoßen, und mit Pattex oder Thermokleber aufgeleimt. Aufwendigere Konstruktionen sind unnötig, weil das Gehäuse keine Belastung auszuhalten hat. Wir haben den Zeiger insgesamt 72 cm lang gemacht und ihm die gezeichnete Form gegeben, wollen aber Ihrer schöpferischen Phantasie keine Fesseln anlegen, den Zeiger anders zu gestalten.

An weiteren Zutaten zu unserem Werk brauchen wir eine Achse aus Metallrohr von 9 mm Durchmesser und

Die Sache mit dem Schwerpunkt





ein kleines Kugellager vom Außendurchmesser 13 mm, das wir darauf mit einer Rundkopfschraube festschrauben. Solche Kugellager bekommen Sie für etwa 8 Mark im Eisenhandel. Bitte, verstehen Sie die Maßangaben nur als Richtwerte! Es sind die Maße unserer Konstruktion, es geht selbstverständlich auch z.B. mit 10-mm-Rohr und 14-mm-Kugellager. Für die Achse machen wir eine quadratische Buchse aus 10 mm dickem Sperrholz mit einer passenden Bohrung für das Kugellager. Schließlich brauchen wir noch ein Eisenstück von rund 60 g als Gegengewicht und zwei kleine Metallbügel, in denen das Gewicht verschiebbar und mit Schrauben feststellbar ist.

Die Seele der Uhr ist das Quarzwerk, das uns die Fa. SELVA TECHNIK, Karl Christian Schlenker, 7218 Trossingen, liefert. Selva schickt Ihnen auf Anforderung einen bebilderten Katalog. Bestellen Sie ein Werk mit großem Drehmoment,

denn wir wollen einen verhältnismäßig schweren Gewichtshebel an der Stundenzeigerwelle anbringen. Bestellen Sie gleich einen schlichten flachen Stundenzeiger mit, der sich zur Befestigung des Gewichts eignet. Wir haben den Zeiger auf 6 cm Länge (von der Stundenzeigerwelle aus gemessen) gekürzt und als Gewicht drei Bleitaler vom Gesamtgewicht 60 pond angeschraubt. Solche Bleitaler bekommt man im Teppichhandel, wo sie zur Beschwerung von Teppichrändern dienen. Wir schrauben die Bleitaler so weit außen wie möglich an, daß sie gerade noch nicht ans Gehäuse anstoßen.

Nun kommt der letzte wichtige Schritt: das Justieren der Uhr. Darauf kommt es sehr an, wenn die Uhr sauber laufen soll. In jeder Stellung, die der Zeiger anzeigt, muß der kleine Gewichtshebel senkrecht nach unten stehen. Physikalisch bedeutet das: der Schwerpunkt liegt im Gleichge-

wicht so tief wie möglich und unter dem Drehpunkt. Wir fangen mit der 12 Uhr-Stellung an, d.h. die Zeigerspitze nach oben, die Stundenzeigerwelle genau unter dem Drehpunkt, den Gewichtshebel nach unten gerichtet. Zum Verstellen des Stundenzeigers gibt es am Quarzwerk ein kleines Rädchen; möglichst nicht an der Welle drehen! Die Uhr muß nicht von selbst in der 12 Uhr-Stellung im Gleichgewicht sein, auch wenn wir uns alle Mühe gegeben haben, den Zeiger ganz symmetrisch zu bauen, weil der Schwerpunkt des Quarzwerks nicht genau auf der Zeigerwelle liegen muß. Und das Quarzwerk wiegt mit Batterie immerhin reichlich 120 p. Sollte die Uhr nicht von selbst im Gleichgewicht sein, d.h. beim Anstoßen nicht um die 12 Uhr-Stellung pendeln, müssen wir den Gehäusekasten auf der leichteren Seite etwas beschweren. Jetzt nehmen wir uns die 3 Uhr-Stellung (oder die 9 Uhr-Stellung) vor und stellen Gleichge-

wicht her, indem wir das Verschiebegericht nach links oder rechts schieben. Es könnte sein, daß das Gegengewicht für Ihre Konstruktion nicht ausreicht oder zu schwer ist. Dann nehmen Sie einfach einen

längeren oder kürzeren Eisenstab! Wenn die Uhr in der 12 Uhr-Stellung und in der 3 Uhr-Stellung stimmt, ist sie fertig justiert.

Viel Spaß mit Ihrer mysteriösen Uhr!

Ja, liebe Zuschauer, haben Sie sich inzwischen überlegt, wie der geheimnisvolle Aufzug funktioniert, den wir in der Sendung gezeigt haben? Er arbeitet übrigens nach dem gleichen Prinzip wie ein altes Blechspielzeug der berühmten Patentspielzeugfirma Lehmann, der seilkletternde Affe oder der "Jonny". In der Patentschrift des William Pitt Shattuck aus Minneapolis (Grafsch. Hennepin, Staat Minnesota, VSTA.), die die Firma Lehmann seinerzeit erworben hat, heißt es dazu:

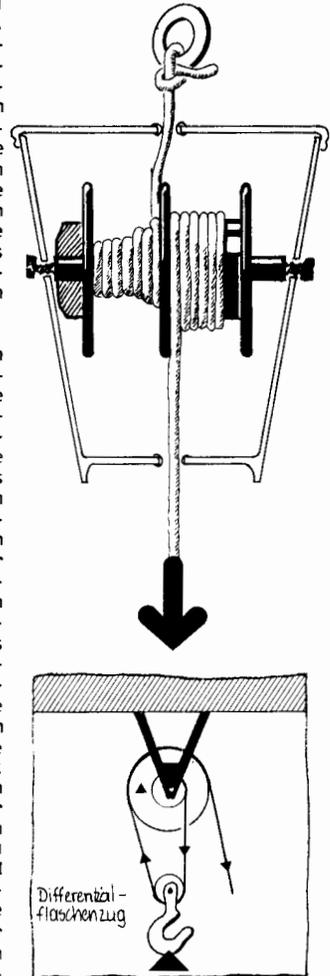
"... Das Princip, auf welchem die Construction des neuen Spielzeuges beruht, besteht darin, daß beim Anziehen der auf Rollen im Innern der Figur aufgewickelten Schnüre die eine Schnur sich schneller abwickelt als die andere sich aufwickelt..."
 Patentirt 9. November 1892.

Im Innern des Eimers befinden sich zwei fest verbundene Rollen. Von der Rolle mit der dünneren Welle führt ein Faden nach oben, von der dickeren ein Faden nach unten, und zwar so, daß beim Ziehen sich der obere Faden aufwickelt und der untere abwickelt. Da seine Rolle dicker ist, wickelt sich der untere Faden schneller ab, als sich der obere Faden aufwickelt, wie es in der Patentschrift beschrieben ist. Hätten wir einen der Fäden, z.B. den oberen, angefärbt, so wäre uns aufgefallen, daß der andere Faden ungefärbt

bleibt. Wir hätten also auch ohne die Patentbeschreibung und ohne Öffnung des Eimers feststellen können, daß es sich um zwei verschiedene Fäden handelt. Das Ganze ist eine Abwandlung des Differentialflaschenzuges oder der chinesischen Seilwinde. Beim Flaschenzug ist zum Unterschied vom Eimeraufzug die Welle mit den beiden Rollen festgemacht, und das obere Seil wird von der dünnen zur dicken Rolle über die Lastrolle geführt. Dieses Beispiel findet man in älteren Schulphysikbüchern ausführlich erklärt.

Wie bauen wir nun den Eimeraufzug? Das ist wirklich nicht schwer, und Sie könnten selbst darauf kommen. Wir haben es so gemacht: Für die dünne Welle haben wir ein 10 cm langes Stück einer Rundleiste von 15 mm Durchmesser plan abgesehen. Die dicke Welle von 35 mm Durchmesser haben wir aus 30 mm dickem Holz ausgesägt und ein Loch von reichlich 15 mm in die Mitte hineingebohrt, in das wir die dünne Welle hineinstecken konnten. Zur Fadenführung wurden drei runde Sperrholzscheiben von 60 mm Durchmesser auf die Welle gesteckt und das Räderwerk drehbar mit zwei Schrauben von beiden Seiten im Eimer befestigt. Für den Faden macht man möglichst genau in der Mitte des Bodens und des Deckels ein Loch, dessen Ränder man durch eine Öse entschärft, damit der Faden sich nicht zu sehr an der Kante reibt. Die mitt-

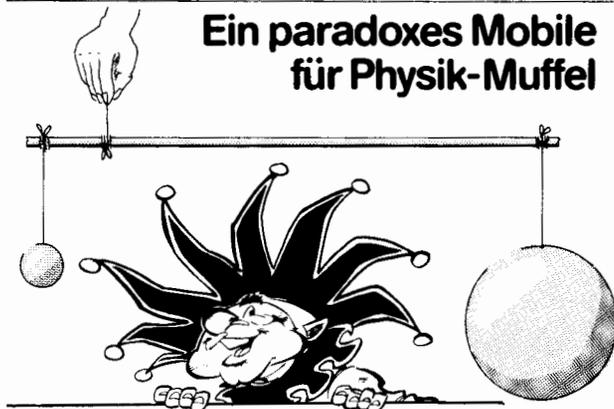
Der Eimer-Aufzug



lere Führungsscheibe sollte übrigens recht genau in der Mitte sein, damit nicht einer der Fäden sich auf die falsche Welle aufwickelt. So läuft unser Eimer-

aufzug prächtig. Anstelle eines Spielzeugheimers mit Deckel tut es übrigens auch eine Halbpfund-Kaffeedose von je 10 cm Höhe und Durchmesser.

Ein paradoxes Mobile für Physik-Muffel



Dieses Mobile haben wir uns für Menschen ausgedacht, die Naturwissenschaft partout verabscheuen, damit sie ihrer Abneigung überzeugend Ausdruck verleihen können: Große Kugel - großer Hebelarm, kleine Kugel - kleiner Hebelarm, wie soll das gehen? Das kann man nur verstehen, wenn man es im wahrsten Sinne des Wortes "begreift". In der Schule lernt man das Hebelgesetz

$$\text{Kraft} \times \text{Kraftarm} = \text{Last} \times \text{Lastarm}$$

Aristoteles (-384 bis -322) hat es formuliert, Archimedes (-285 bis -212) es "bewiesen", wie das bei den griechischen Mathematikern üblich war. Dabei läßt sich das Hebelgesetz gar nicht beweisen, sondern ist eine Grundtatsache, und Archimedes hat nur einen Zirkelschluß gemacht.

Als große Kugel des großen Mobiles, das Sie in der Sendung gesehen haben, diente uns eine große Styroporkugel (Durchmesser 30 cm, Masse 140 g), die klei-

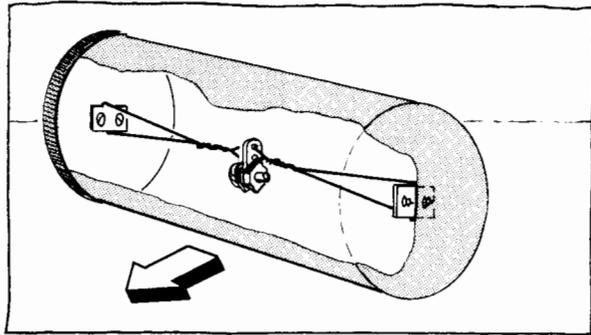
ne Kugel war eine Eisenkugel von 5 kg, wie sie beim Kugelstoßen der Frauen benutzt wird. Beide Kugeln haben wir mit kleinen selbstklebenden Kunststoffspiegelchen beklebt. Das war eine Heidenarbeit, erinnern Sie unsere studentischen Mitarbeiter nicht daran! Weil das große Mobile ziemlich aufwendig ist, haben wir zum Nachbauen für Sie außerdem ein kleineres Modell gebaut. Dafür haben wir eine große Glitzerkugel (Durchmesser 15 cm, Preis etwa 15,- DM) fertig beim Dekorationsbedarf gekauft. Sie ist sogar mit Glasspiegeln beklebt, nicht nur mit billigen Kunststoffspiegeln. Der Kern der kleinen Kugel ist eine metallene Hohlkugel, die wir mit Bleistäbchen gefüllt haben, wie sie normalerweise zur Beschwerung von Gardinen verwendet werden. Kugellagerkugeln, wie man sie überall kaufen kann, eignen sich nicht für unseren Zweck. Sie bestehen aus gehärtetem Stahl, der sich nicht anbohren läßt, und deshalb können wir sie nur schwer aufhängen.

Die Rückkehr-Rolle

Sie rollt aus, stoppt und kehrt zurück. Für die Rückkehr muß sie Energie speichern. Man kann sich verschiedene Mechanismen dafür ausdenken. Wir haben es einfach mit einem Gummimotor gemacht. Er besteht aus zwei gekreuzten Gummibändern, die wir zwischen Boden und Deckel der Dose gespannt haben, sowie einem Hebel mit zwei großen Schraubmuttern als Gewichten. Beim Weglaufen der Dose dreht der Gewichtshe-

bel die Gummibänder: der Motor wird aufgezogen. Dadurch wird die Bewegung der Dose bis zum Stillstand abgebremst. Anschließend treibt der Gummimotor die Dose zum Rückweg an. Wenn alle Reibung unterwegs abzustellen wäre, die die Bewegung bremst, müßte die Dose an der Startposition vorbeilaufen und den Gummimotor auf der anderen Seite andersherum aufziehen; die Rolle würde nicht mehr aufhören, hin-und herzulaufen.

Aber so einfach macht es uns die Natur nicht. Damit die Rückkehrrolle gut läuft, muß man ein bißchen probieren. Läßt man die Gummis zu schlaff, hängt das Gewicht durch und schleift an der Dose; macht man sie zu stramm, kann man den Motor nur wenige Umdrehungen aufziehen, und die Dose kommt nicht weit. Eine Kaffeedose von 10 cm Durchmesser macht auf 3 m Weg immerhin 9 1/2 Umdrehungen. Nach unseren Erfahrungen tut es Spanngummi aus dem Flugmodellbau und auch umspinnender Wäsche Gummi aus dem Nähbedarf sehr gut, aber vom Wäsche Gummi nur



die weichste Qualität, die sich auf mehr als das Doppelte ihrer Länge dehnen läßt.

übrigens: Damit die Rolle geradeaus läuft, einen zweiten Plastikdeckel unter den Boden stülpen!

(auch Wunderscheibe oder "Wirbelwunder"), das 1825 von Fitton in London (nicht, wie oft geschrieben, von J.A. Paris) erfunden wurde, gilt als Vorläufer der Kinematographie. Der optische Effekt bei diesem Spielzeug beruht nämlich auf derselben Trägheit des menschlichen Auges, die uns auch die getrennten Bilder eines Kinofilms als zusammenhängende Bewegung erscheinen läßt.

Ab 16 Bilder pro Sekunde empfindet man die Bewegung als kontinuierlich, aber flackernd. Das Flackern verschwindet erst bei etwa 40 Bildern in der Sekunde.

Ein Thaumatrope läßt sich in nur zehn Minuten herstellen. Man braucht dazu eine kleine Kreisscheibe von etwa 7 cm Durchmesser aus schwerem hellem Karton und 1 m Schnur von etwa 1 mm Dicke. Auf die Scheibe malt man ein Bild, aber nur zum Teil auf die Vorderseite, den Rest (auf dem Kopf stehend) auf die Rückseite, z.B. vorn einen sehnsüchtigen Liebhaber, hinten ein erwartungsvolles Mädchen. Üblich sind auch Käfig und Vogel, Galgen und Gehenk-

ter, sogar beliebige Teile einer schriftlichen Mitteilung (auf diese Weise wird das Thaumatrope zu einer Art Geheimcode). Den Kindern fallen sicher noch viele andere Bilder ein. Die Schnur wird halbiert, die Hälften werden doppelt genommen, zu Schlingen verknotet und mit Schlaufen in zwei seitlich gegenüberliegenden Löchern befestigt. Das ist alles.

Zum Spielen spannt man die Schnur zwischen beide Hände, wozu man zwei oder drei Finger in die Schlaufe steckt. Man schleudert die Scheibe etliche Male herum, bis sich der Faden stark verdrillt und verkürzt hat, und versetzt sie dann durch heftiges Ziehen in rasche Umdrehung. Wenn man die Schnur im passenden Moment wieder locker läßt, verdrillt die Scheibe durch ihre "Schwungmasse" den Faden von neuem, und die Bewegung läßt sich wiederholen. Mit etwas Geschick gelingt es, die Scheibe rasch hin- und herwirbeln zu lassen, so rasch, daß die beiden Bilder auf Vorder- und Rückseite im Auge zu einem verschmelzen.

Das Thaumatrope



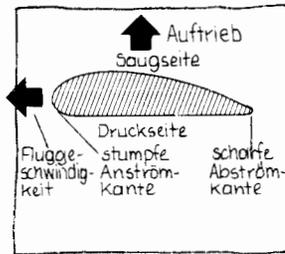
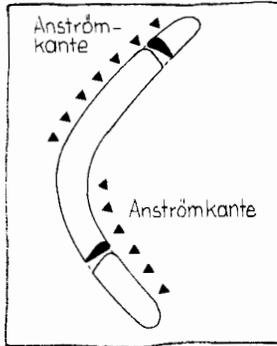


"War einmal ein Bumerang; war ein Weniges zu lang. Bumerang flog ein Stück, aber kam nicht mehr zurück...", dichtete Ringelnatz. Ja, warum kam er denn nicht zurück? An der Länge kann es nicht gelegen haben, denn die abenteuerlichsten Formen dieser Flughölzer, sog. Hooks, Comebacks oder schlicht Bumerangs, kehren zum Werfer zurück, wenn sie vorschriftsmäßig abgeworfen werden.

Ein landläufiger Bumerang ist (etwas drastisch ausgedrückt) eine Kreuzung von Segelflugzeug und Kreisel, wobei dem Segelflieger die eine Tragfläche verkehrt herum eingesetzt wurde. Die Tragflächen geben dem durch die Luft wirbelnden Flugholz "Auftrieb", d.h. Kräfte quer zur Bewegungsrichtung der Bumerangflügel, die bei Jagdbumerangs oder Killing Sticks die Flugbahn verlängern oder bei Sportbumerangs die Flugbahn in hohem Bogen zum Werfer zurückführen. Wenn Sie bei hoher Geschwindigkeit Ihre flache Hand etwas schräg angestellt aus dem Zug- oder Autofenster halten, können Sie diese Kraft quer zur Fahrtrichtung direkt spüren.

Damit ein Bumerangflügel viel Auftrieb liefert, müssen seine Querschnitte ein aerodynamisches Profil mit einer gewölbten Saugoberseite und einer flachen oder hohen Druckunterseite haben. Die Luftkräfte führen nicht nur den Bumerang auf einer Kreis- oder Schleifenbahn zum Werfer zurück, sondern drehen gleichzeitig die Ebene, in der die Tragflügel umlaufen - eine Präzession wie bei einem Kreisel. Der Werfer muß die Bahnbewegung und die Drehbewegung des Bume-

Leicht-Bumerangs



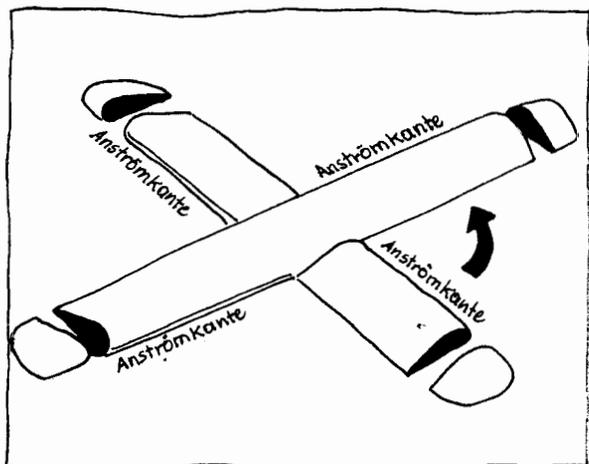
rangs so aufeinander abstimmen, daß der Bumerang eine geschlossene Bahn fliegt. Darauf kommen wir noch zurück.

Für alle, die einmal zu Hause mit Bumerangs werfen möchten, haben wir kleine Leichtbumerangs aus Balsaholz hergestellt und im Studio ausprobiert. Wie unsere Zuschauer in der Sendung sehen konnten, haben sie Wendekreise von kaum 6 Metern Durchmesser (zum Unterschied von 20 - 40 Metern bei Sportbumerangs). Mit solchen Bumerangs können sogar Kinder gefahrlos im Garten spielen, solange ihnen der Wind ihr Spielzeug nicht auf die Straße trägt.

Nach der einfachsten physikalischen Bumerangtheorie, die von den Erfahrungen mit allen möglichen Bumerangs gut bestätigt wird, hängt der Wendekreisdurchmesser nur vom Bau des Bumerangs ab und ist ganz unabhängig davon, mit welcher Geschwindigkeit er abgeworfen wird. Der Wendekreis ist umso kleiner, je leichter der Bumerang ist und je mehr Auftrieb seine Tragflügel liefern. Als Langsamflieger braucht ein sehr leichter Bumerang wenigstens vier oder sechs Tragflügel. Das hat er mit den oft fotografierten amerikanischen Windmühlen gemein, deren Flügelräder als sog. Langsamläufer mit vielen Flügeln ausgestattet sind. Vierflügelige Bumerangs sind keineswegs nur eine moderne Spielart, sondern es gab sie nach den Berichten der Ethnographen auch schon früher bei Eingeborenenstämmen im Nordosten Australiens. Es ist aber verständlich, daß Kreuzbumerangs bei den Urvölkern Australiens und anderer Kulturkreise, die Bumerangs benutzten, nicht weit verbreitet waren, denn sie lassen sich mit der Technik der Aborigines aus Hartholz nur schwer herstellen, während wir sie leicht aus Leisten zusammenkleben oder mit der Laubsäge aus Sperrholzplatten aussägen können.

Von uns fordert die Herstellung eines vier- oder sechsflügeligen Leichtbumerangs keine besondere Kunstfertigkeit, nur ein bißchen Gefühl für die Profilform. Die Arme machen wir aus 30 - 33 cm langen Stücken einer Balsaholzleiste von etwa 6 mm x 30 mm Querschnitt. Die Arme werden gekreuzt und etwas ineinander versenkt, wozu wir mit der Säge und dem Messer Vertiefungen von etwa 2 mm

Tiefe nach Maß ausheben. Anschließend verkleben wir die Teile mit Ponal, Thermokleber oder einem anderen schnell bindenden Klebstoff. Wir machen uns eine einfache Feile, indem wir grobes Sandpapier über eine breite Holzleiste ziehen, und arbeiten die Tragflügelprofile grob heraus. Anschließend feilen wir die Feinform der Profile mit einer scharfen Flachfeile zurecht. Auf die Profilform kommt es sehr an. Die Vorderkante (Anströmkante) ist stumpf, die Hinterkante (Abströmkante) so scharf zu machen, wie es bei der Verletzlichkeit des Balsaholzes gerade noch vernünftig ist. Man kann die Oberfläche nötigenfalls mit feinem Schmirgelpapier glätten und mit farblosem Lack überziehen, der die Oberfläche zugleich härtet und vor Verletzungen beim Werfen schützt. Die vier- und sechsflügeligen Bumerangs, die wir in der Sendung vorgeführt, wiegen 7 bzw. 12 pond. Sie lassen sich nur bei Windstille oder bei äußerst schwachem Wind im Freien werfen. Daß Rechts- und Linkshänderbumerangs spiegelbildlich zueinander sind, muß wohl nicht genauer erklärt werden.



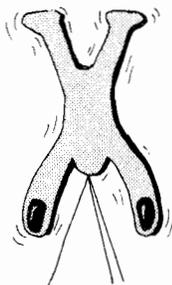
Und nun zum Werfen! Wenn Sie bereits Erfahrungen mit Bumerangs haben, wissen Sie, daß man sie flacher (d.h. mit kleinerem Neigungswinkel gegen die Horizontale) abwirft als einen Ball beim Weitwurf. Unsere Leichtbumerangs wirft man sogar am besten ganz horizontal. Die Flügelsebene ist beim Abwurf streng vertikal, damit der Bumerang nicht zu steil hochsteigt. Er neigt nämlich dazu, seine Flügelsebene flachzulegen, bis die Luftkräfte nach oben das Gewicht überwiegen und den Bumerang

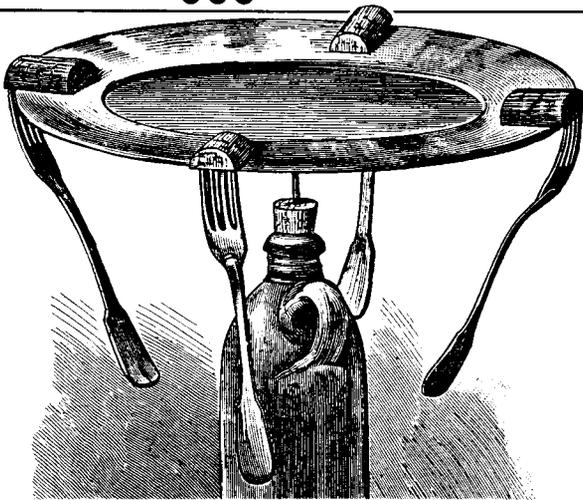
nach oben reißen. Wie wir schon erwähnt hatten, muß der Werfer die Geschwindigkeit und die Drehgeschwindigkeit des Bumerangs beim Abwurf so aufeinander abstimmen, daß die Bahn sich in etwa schließt. Theoretisch wirft man den Bumerang so ab, als solle er wie ein Rad über den Boden rollen, d.h. man schnell den Bumerang über die Hand und stoppt die Hand im letzten Moment vor dem Loslassen. Damit haben wir auch praktisch gute Erfahrungen gemacht.

Warum tragen Hochseilartisten eine lange biegsame Stange, deren Enden sich bis weit unter das Seil hinunterbiegen? Sollten sie nicht besser eine gerade Stange nehmen? Gewiß nicht, die Artisten mögeln mit der Stange den Schwerpunkt unter das Seil und kommen dadurch in ein sicheres (sog. "stabiles") Gleichgewicht. Äquilibrium nannte man früher den Teil der Unterhaltungsphysik, in dem es um waghalsige Balancierkunststücke mit allen möglich Gegenständen aus Haus

und Küche ging: Können Sie z.B. einen Teller, natürlich mit der hohlen Seite nach oben, auf einer Nadel balancieren? Nichts ist leichter als das! Sie brauchen nur Gabeln in die vier Teile zweier längs gespaltenen Korken zu stecken und am Tellerrand aufzuhängen. Unser kopfstehendes Talermännchen ist ein Balancierkünstler. Das Geheimnis liegt in seinen Händen, in die wir, zwischen Vorder- und Rückseite versteckt, je einen Bleitaler von etwa 20 g eingeklebt haben, wie sie

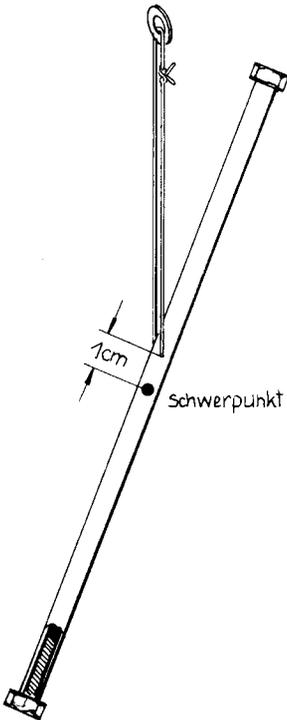
Das Talermännchen





zum Beschweren von Teppichen Verwendung finden. Diese Bleitaler werden auch in Teppichgeschäften angeboten. Machen Sie die Figur so leicht wie möglich, damit ihre Arme nicht zu lang sein müssen, so ist das Taler-Männchen am eindrucksvollsten. Wir haben verhältnismäßig schwere Selbstklebefolie (Deco-fix) mit Filzoberfläche genommen. Haben Sie nur leichtere Münzen, z.B. Markstücke oder gar nur Pfennige, können Sie das Männchen höchstens noch aus Papier ausschneiden. Übrigens: Man kann nicht nur Männchen machen! Lassen Sie Ihrer Phantasie freien Lauf!

Der Jonglier-Stab



Damit können Sie jonglieren, ohne es je gelernt zu haben. Der Stab behält seine fast senkrechte Lage bei, was für waghalsige Manöver Sie auch immer mit dem Faden ausführen. Ein kleiner Trick ist dabei. Vor drei Jahren war der "Trick-Stick" ein Hit auf der Internationalen Nürnberger Spielwarenmesse, der viel Publikum anzog, aber schon ein Jahr später wurden die Reste der Produktion billig verschleudert. Warum fand er keine Käufer? Weil die Spielwarenhändler in der Regel weder selber spielen noch etwas vom Spielen verstehen. Spielzeug mit physikalischem Hintergrund muß man aber effektiv vorführen, wenn man's verkaufen will. Heute wird dieser Jonglierstab nicht mehr angeboten, also machen wir uns selber einen.

Wir nehmen dazu einen Bambusstab von 12 - 14 mm Durchmesser und etwa 80 cm Länge. In die beiden Enden bohren wir in Richtung des Stabes tiefe Löcher, passend für je eine schwere Schraube. Unsere Schrauben wiegen je 44 pond. Diese

Maßnahme hat den Zweck, das sog. Trägheitsmoment des Stabes zu vergrößern. Nun kommt das Wichtigste. In der Nähe der Mitte, und zwar etwa 1 cm vom Schwerpunkt entfernt, bohren wir ein Loch von 1 mm quer durch das Rohr und hängen den Stab an einem halbmilimeterdicken Nylonfaden auf, den wir durch das Loch hindurchziehen. Die Fadenschlinge, an der der Jonglierstab hängt, muß ungefähr 10 cm über das Stabende hinausreichen, damit die Hand, die das Fadenende hält, nicht ständig an den Stab stößt. Der Schwerpunkt läßt sich leicht finden: Wir lassen den Stab im wahrsten Sinne des Wortes auf des Messers Schneide balancieren.

Warum haben wir den Nylonfaden nicht genau im Schwerpunkt und auch nicht weit weg vom Schwerpunkt befestigt? Das ist der "Trick" bei diesem Spielzeug. So, wie wir den Stab gebaut haben, bleibt er beim Jonglieren nahezu unerschütterlich in seiner fast senkrechten Lage, ob wir nun das Fadenende links herum oder rechts herum

wirbeln oder den ganzen Stab um uns herumschleudern - nur anstoßen dürfen wir nicht. Hätten wir den Stab genau im Schwerpunkt aufgehängt, befände sich der Stab im sog. "indifferenten Gleichgewicht" und würde seine Neigung unkontrolliert ändern. Hätten wir den Aufhängepunkt weit weg vom Schwerpunkt gewählt,

würde sich der Stab zwar schnell in seine senkrechte Gleichgewichtslage einpendeln, aber wir würden beim Jonglieren nicht vermeiden können, den Stab als Drehpendel zu Schwingungen anzuregen. Das ist ein schwieriges Kapitel "Gekoppelte Pendelschwingungen", das wir hier nicht weiter vertiefen können.

Chemikalien für die Seifenblasen liefert die Fa. Wilhelm Schnitzler, Franzstr. 29, 5000 Köln 41, Tel. 0221/40 24 32

Für große Seifenblasen:

10g/20g Dioctylnatriumsulfosuccinat, DM 5,20 / 9,25
(der Fa. Merck, Darmstadt, Best.-Nr. 2970)
500g/1kg Dextrose (Traubenzucker), DM 11,80 / 16,50
500ml/ 1l Glycerin DAR 7, DM 12,25 / 17,25

Für Projektionsexperimente:

12,5g/25g Natriumoleat, DM 5,- / 8,75
Glycerin s. oben

Die Preise verstehen sich incl. Verpackung und Porto und Mwst.

Fertiges Konzentrat liefert die Fa. Rolf Hein KG, Postfach 1640, 7400 Tübingen 1
3 l-Kanister Pustefix-Flüssigkeit DM 19,50, 5 l-Kanister Pustefix-Flüssigkeit DM 27,50
Die Preise verstehen sich incl. Mwst + Versandkosten (ca. DM 4,50) gegen Nachnahme.

Halbdurchlässige Spiegel (für Unendlichkeitsspiegel)

Als Lieferanten haben sich folgende Firmen gemeldet:

* Die Westdeutsche Glashandelsgesellschaft, Melatengürtel 123, 5000 Köln 30,
Tel. 0221/ 54 50 21. Sie liefert 3 und 6 mm dicke Spionspiegel (beide gleicher Preis)
30 x 40 cm, DM 24,80
40 x 40 cm, DM 28,20

Preise incl. Mwst und Verpackung, zuzüglich Nachnahmegebühr

* Fa. Vogelsang, Postfach 1463, 4972 Löhne, Tel. 05732/ 30 96.

Sie liefert nur 3 mm Glasdicke.

30 x 40 cm, DM 10,40

40 x 40 cm, DM 14,40

Zuzüglich DM 7,50 für Verpackung bei Einzelversand, Versandkosten und die Nachnahmegebühr.

* Fa. Kinon Spiegel, Jülicher Str. 495, 5100 Aachen, Tel. 0241/ 51 61.

Sie liefert nur 6 mm Spiegel bei besonderer Präzision der Schicht (Firmenäußerung)

30 x 40 cm, DM 37,00

40 x 40 cm, DM 48,00

Die Preise verstehen sich incl. Mwst, Verpackung und Normalporto zuzüglich ggf. Nachnahmegebühr, sonst Vorkasse mit Hinweis Hobbytheke auf PSchKto Köln 2743-500.

Lichterkette für Unendlichkeitsspiegel liefern folgende Firmen:

* Fa. Avitec & Sondock, Subhelrather Str. 557, 5000 Köln 30, Tel. 0221/ 53 68 64

40 Kerzenlämpchen à 1 Watt, Länge ca. 2,50 m, Preis DM 22,-, incl. Mwst und Verpackung, zuzüglich Versand und Nachnahmegebühr (ca. 4,50 DM)

* Fa. Georg Seiderer, Kapellenstr. 22, 6501 Selzen, Tel. 06737/ 13 41

40 Kerzenlämpchen à 0,6 Watt, Länge ca. 1,80 m, Preis DM 19,80, incl. Mwst und Verpackung, zuzüglich Versand und Nachnahmegebühr (ca. 4,50 DM)

* Fa. Rolf Franke, Bimbergshelde 90, 4700 Hamm, Tel. 02385/ 3143

40 Kerzenlämpchen à 0,6 Watt mit 220 Volt Stecker nach VDE und festen Fassungen (Miniaturlichterkette wie bei Weihnachtsbaumbeleuchtung) plus 2 Ersatzbirnen,

Preis DM 19,80, incl. Mwst. und Verpackung, zuzüglich Versand und Nachnahmegebühr

Beschaffungs- nachweis





1. Preis (Farbfernsehgerät):
Regina Anschütz
Pergamentstr. 6
4230 Wesel 1

2.-3. Preis (je ein tragbares Fernsehgerät, schwarz-weiß):
Inge Häpke
Schillerstr. 75
5802 Wetter 2

Helmut Kienle
Karlsru. 7
7145 Hardthof

Je ein Hobbythekebuch
Mario Adra, Berlin; Thomas Brecht, Eitlingen; Manfred Cech, Göttingen; Johannes Derks, Düsseldorf; Lutz Desch, Lahnu-Arbach; Ingrid Hücking, Salzkotten; Sonja Frohmater, Falkenberg; Gisela Gläser, Hamburg; R. Heins u. U. Petersen, Kiel; Michael Heuer, Baumhert; Christa Jonas, Heidenheim; Ursula Käseberg, Osnabrück; Peter Kersting, Lennestadt; Kurt Krüger, Wemdark; Horst Lenz, Winterspelt; Ilke Marnschak, Elchingen; A. Malnar, Lammersdorf; Peter Matschin, Fellbach; Brigitte Menke, Hütte-Oesede; Britta Mense, Neuss; Katja Mühlbauer, Lübeck; Andreas Ott, Bad Kreuznach; Alexander Otto, Lahnstein; Wolfgang Reimann, Müdersbach; Albert Saager, Gelsenkirchen; Else Schmalzgrüher, Vaihingen; Ottomar Sätz, Bergkamen; Hilmar Sturm, Neusaß; Johannes Weinberger, Petersberg; Horst Wolosowicz, Bochum.

Das Hobbythekebuch Nr. 8 mit allen Themen der WDR-Hobbytheke sendungen von 1983 ist jetzt erschienen. Hier finden Sie alles über Keramik und Glasuren, Gießton, Brennen, Selbsterstellen von Kacheln und Glasuren, Glasbemalen, Sonnenbaden mit Verstand, Elektronische Fernsteuerung, Solarzellen und eine Einführung in die Kochkunst der fernöstlichen Küche, Begriffe wie Tofu, Tempeh, Tempura, eigentlich alles unentbehrlich für gesunde Ernährung, werden mit vielen Rezepten ausführlich dargestellt. Das Buch gibt's in allen Buchhandlungen; es liegt in der Regel auch in gutsortierten öffentlichen Büchereien zum Ausleihen aus.

Übrigens: Das Hobbythekebuch Nr. 9 erscheint im August 1984.

ÜBRIGENS:

Sie erleichtern uns die Arbeit und erhalten Ihren HOBBY TIP schneller, wenn Sie für die Anforderung Ihrer Anleitung nur Umschläge der Größe DIN F 6 (Größe einer Postkarte verwenden - und bitte Druck-sache nicht vergessen!



Leider ist es uns nicht möglich, Hobbytips aus vorherigen Sendungen weiterhin zu versenden. Sie sind in der Regel vergriffen und der Verwaltungsaufwand ist erheblich. Die Themen sind aber fast alle in den bisher erschienenen Hobbytheke-Büchern enthalten. Die Bücher gibt's im Buchhandel. Verlag VGS, Breitestr. 118-120, 5000 Köln 1, Tel. 0221/219641.

Hier eine alphabetische Stichwortsammlung der Themen in den einzelnen Büchern. Die Zahl in Klammern benennt die jeweilige Ausgabe.

A Acrylglas(7) Aquarium(2) Avocadozucht(2) **B** Bierbrauen(7) Bleifenster(5) Blumen-erde(5) Brennessel(3) Brotbacken(2) **C** Camera Obscura(1) Camembert(5) Crenes(3) **D** Doppelfenster(6) Drachenbau(6) **E** Eis selbstgemacht(6) Elektronik im Auto(5) Essig selbstgemacht(7) **F** Fernsteuern mit Infrarot(8) Fisch geräuchert(3) Flaschengarten(1) Fleischqualität(2) Fotogramme(1) Fruchteis(6) Fruchteibrot(6) **G** Galvanisieren(6) Gartenteich(3) Geleefrüchte(3) Geräucherte Kostlichkeiten(3) Gesundheit aus fernöstlicher Küche(8) Gesundheitsgrill(4) Getrocknetes Gemüse(6) Gießton(8) Gips-abgüsse(4) Glasarbeiten(5) Glasmosaik(5) Glasuren(8) Glatteiswärngerät(5) Gold und Silber(6) Grillen(4) **H** Handschliff von Stein(2) Hautflege(3) Heißluftballon(1) Hobby-Com-Rauschunterdrückungssystem(4) Hobbyflint(2) Hobby-Joggimeter(8) Hobby-Luxmeter(8) Hobby-Song(3) Hobby-Sun-Timer(8) Hydrokultur(1) **I** Invertzucker(3) **J** Joghurtherstellung(5) **K** Käse selbstgemacht(5) Kandierte Früchte(3) Kerzen(4) Kerzenhalter(4) Ketchup(7) Komposttonne(1) Kosmetik(3) Kräuter(1) Kräuterpresse(1) Kräutertee(3) Kräuterschnaps(1) Kräutertee(1) Kristalle züchten(1) Kunstkopf(1) Kuvertüren(3) **L** Leberwurst(4) Leichtbeton(5) Luftbefeuchter(6) **M** Marmelade ohne zu kochen(6) Marzipan(3) Met(2) Miniorgel(1+3) **D** Obstwein(2) **P** Papyrus(2+6) Pas-teten(4) Patchwork(7) Pflanzenpflege(5) Pilzzucht(1) Pokeln(4) Pralinenherstellung(3) **Q** Quark(5) **R** Räuchertonne(3) Reliefs und Stuck aus Gips(4) Richtmikro-phon(2) Roggenbrot(2) **S** Sauer Eingelegtes(7) Sauerteig(2) Silberputzmittel(1) Speiseeis(6) Solarzellen(8) Sonnenschutz(8) Spielerei(1) Sülze(4) Süßigkeiten selbst-gemacht(3) **Sch** Schnallplattenpflege(1) Schaumton(5) **St** Steinbackofen(4) Stereo-fotografie(3) Stuck und Reliefs aus Gips(4) Styroporsaler(1) **T** Terrarium(3) Tiff-fanlampen(5) Töpferei(1) Trockenblumen(6) Trockengemüse(6) Trockenobst(6) Trocken-schrank(6) Türglocke Hobby-Song(3) **V** Vergolden(6) Vorsatzfenster im Eigenbau(6) **W** Wechselsprechanlage(3) Wein(2) Wildgemüse(3) Würste(4) **Z** Zauberkunststücke(1) Zuckerbäckerei(3)

Programmorschau 1984

vorgesehene Themen

WDR
NDR
HR
Südkette
BR
vom:

Körbe und Flechtwerk

Mi 04.07.-21.45
Mi 04.07.-21.45
Mi 04.07.-21.45
So 08.07.-18.00
Sa 14.07.-18.00

Stuck und Relief selbstgemacht

Mi 01.08.-21.45
Mi 01.08.-21.45
Mi 01.08.-21.45
So 05.08.-18.00
Sa 11.08.-18.00

Papier, Papier Papier

Mi 05.09.-21.45
Sa 01.09.-19.00
Sa 01.09.-19.00
So 02.09.-18.00
Sa 15.09.-18.00

BR

WDR

NDR

Text: Wolfgang Bürger und Jean Pütz
Graphische Gestaltung: Horst Gläser

Satz: Rosemarie Breuer und Wolfgang Kunze