

Das Weltall vermessen

Orientierung in Zeit und Raum – Astronomie

Wer sich in der Welt orientieren will, merkt schnell, dass Zeit und Raum durch Bewegung miteinander verbunden sind. Ohne das eine oder das andere ist Orientierung nicht möglich. In einer dreiteiligen Artikelserie werden die einzelnen Orientierungsmerkmale vorgestellt und es wird aufgezeigt, wie diese zusammenspielen und durch ihr Zusammenspiel Orientierung erst ermöglichen. Die Artikelserie nimmt Bezug auf das neue «Explore-it-Lernset»: Orientierung in Zeit und Raum – Astronomie. **Urs Heck, Christian Weber, Daniel Vögelin und René Providoli**

Die Erde ist ein Karussell. Und nicht einmal ein langsames. Sie dreht sich am Äquator mit etwa 1600 km/h, also schneller, als sich der Schall bewegt (die Schallgeschwindigkeit ist ca. 1000 km/h). Dafür bleibt sie an den Polen stehen. Dort liegt die Achse der Erdrotation. Die Erde als rotierende Kugel im All, die zudem noch im Jahresrhythmus um die Sonne saust (mit über 100000 km/h)! Wie soll man da – quasi aus der «fahrenden Erde heraus» – das Weltall vermessen?

Das ist zum Glück nicht so schwer, weil für uns die Erde still zu stehen scheint und sich der Himmel vermeintlich bewegt. Und weil der Himmel so weit weg ist, tut er das schön langsam.

Vier Dinge muss man wissen, wenn man den Himmel untersucht:

1. Den Ort auf der Erde.
2. Die genaue Zeit (Jahr, Tag, Uhrzeit).
3. Den Ort des Objektes am Himmel in Bezug auf den Horizont (Winkel über dem Horizont).
4. Den Ort des Objektes in Bezug auf die Himmelsrichtung (Gradeinteilung beim Kompass).

Hat man diese vier Dinge geklärt, ist es jedem Menschen, der sich in Astronomie auskennt, möglich, herauszufinden, welcher Lichtpunkt durch diese Angaben beschrieben wird.



Für Hobbyastronomen wird es nie möglich sein, die Distanz eines Himmelspunktes selber abzuschätzen. Dazu braucht es komplizierte Verfahren und Instrumente. Deshalb beschränkt sich diese Artikelserie auf die vier obengenannten Beobachtungsmerkmale und stellt dafür Hilfsmittel und Methoden vor.

1. Zeit ist Ewigkeit im Takt

Im ersten Artikel wird dem Geheimnis Zeit mit dem Bau einer eigenen Uhr nach gespürt.

2. Vom Sternengewimmel zum Sternbild

Die zweite Folge zeigt, wie im Sternengewimmel Bilder zu erkennen sind und wie diese Sternbilder zustande kommen.

3. Der Sextant, das GPS der alten Seebären

Im letzten Beitrag wird ein Hilfsmittel gebaut, mit dem sich Sterne am Himmel suchen und finden lassen. Der Sextant hat in früheren Jahrhunderten vielen Seeleuten das Leben gerettet.

Folge 1: Astronomie, Zeit

Zeit ist Ewigkeit im Takt

Folge 2: Raum

Vom Sternengewimmel zum Sternbild

Folge 3: Orientierung

Der Sextant, das GPS der alten Seebären

Zeit ist Ewigkeit im Takt

Drei Wochen Ferien gehen im Flug vorbei, drei Sekunden mit der Hand auf der heissen Herdplatte dauern eine Ewigkeit – wer wüsste nicht, wie unterschiedlich Zeit wahrgenommen wird! Es sind nicht nur situative Unterschiede, die da eine Rolle spielen, sondern auch individuelle, altersabhängige, kulturelle und andere. Die Sprache ist ein guter Seismograph dafür: Wie im Französischen «la lune» mehr auf das Licht dieses Himmelskörpers anspielt, scheint im Deutschen «der Mond» mehr die Taktgeberseite im Monatsablauf zu betonen. Oder es soll Sprachen geben (z.B. bei nordamerikanischen Indianern), die keine Vergangenheitsformen kennen, dafür Formen, welche so etwas wie ein Abtauchen ins Erleben, also die Erlebnisintensität, ausdrücken

Für die Physik stellt sich die Frage anders. Sie will alles vermessen. Das Ausmessen eines Raumes braucht seine Zeit, zum Beispiel wenn wir ihn abschreiten. Das Messen von Zeit geht leicht durch eine rhythmische Bewegung, zum Beispiel durch regelmässiges Klatschen – eine Tätigkeit, die Raum beansprucht. Bewegung verbindet beides: sie hat eine Raum- und eine Zeitkomponente. Die Physik kann Zeit und Raum nicht unabhängig voneinander beschreiben. Die «Raumzeit» wurde in der Relativitätstheorie eingeführt. Der Volksmund hat das

schon lange gemerkt, wenn er vom «Zeitraum» spricht. Längst geläufig ist uns die Verschränkung von Raum und Zeit bei der Vermessung des Weltalls. Seine Dimension wird in Lichtjahren ausgedrückt. Um der unvorstellbaren Grösse irgendwie habhaft werden zu können, wird also die Bewegung des Lichtes zu Hilfe genommen.

Deshalb ist es kein Zufall, dass die Vermessung der Zeit oft ebenfalls wieder auf Bewegung basiert; sei es der Körper, der sich beim Tanzen im Takt wiegt, sei es der Mond, der um die Erde kreist, oder das Pendel, das hin und her schwingt: Der Rhythmus gibt den Takt an – oder ist es umgekehrt?

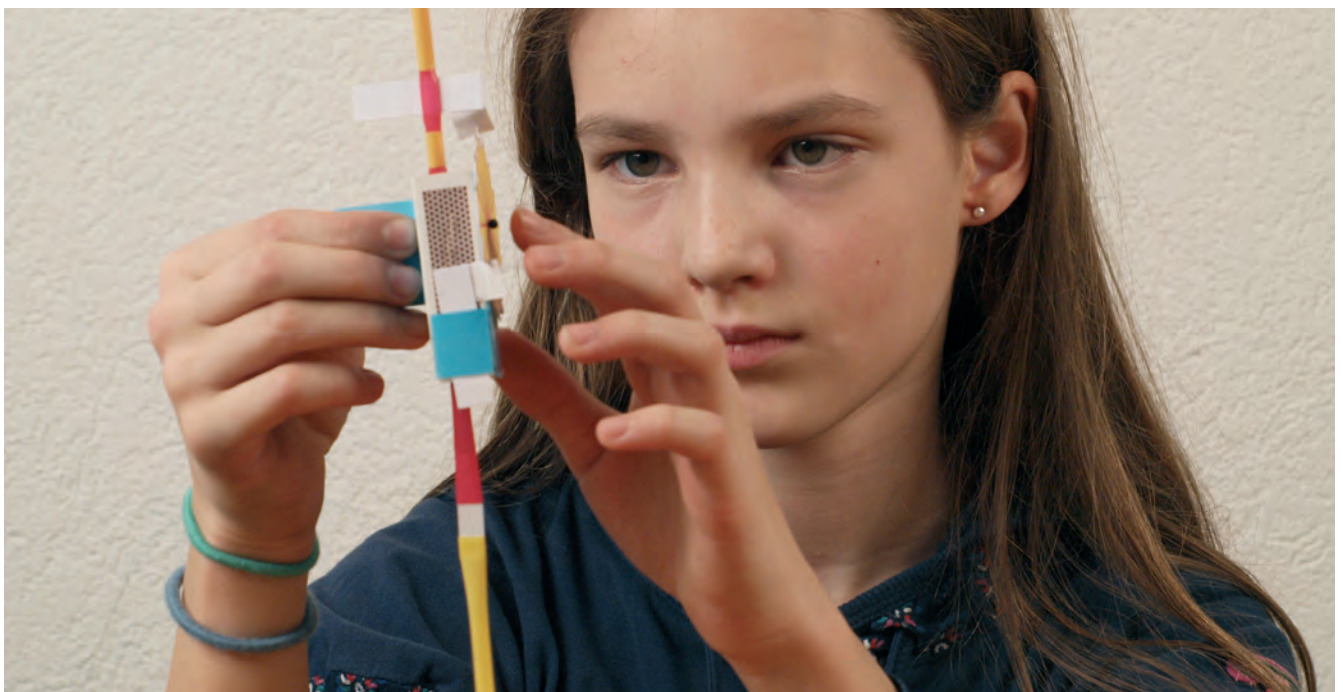
Neben der getakteten Zeitmessung, die in der Atomuhr die genaueste und eleganteste Form gefunden hat, gibt es auch die Zeitmessung im «Verrinn-System»: Sand- und Wasseruhren, Kerzenuhren, aber auch weniger offensichtliches Verrinnen wie bei der Winterruhe vieler Pflanzensamen beruht auf Verbrauch von biochemischen Substanzen, die das Auskeimen hindern, bis diese so weit abgebaut sind, dass sie eine gewisse Konzentration unterschreiten und das Auskeimen nicht mehr verhindern können (vgl. z.B. das Phytochrom-680-System bei Salatsamen). Oder was treibt wohl den Bären aus seiner Winterhöhle, die steigende Aussentemperatur oder sein Hunger, weil

seine Fettreserven abgebaut sind? In diesen Fällen wird der Takt festgelegt durch regelmässigen «Verbrauch» einer Substanz: Gleiche Voluminaveränderungen zeigen gleiche Zeitabschnitte an. Bei Sand und Wasser geschieht das im Zusammenhang mit der Erdanziehungskraft, bei der Kerzenuhr wird Wachs verbrannt und «verschwindet».

Bei vielen Versuchen der Menschen, die Zeit zu messen, wurden die getakteten Systeme mit Verrinn-Systemen kombiniert, wie z.B. bei der Pendeluhr mit Gewichten, die man wöchentlich einmal (her)aufziehen musste.

Bis heute wirksam sind verschiedene Naturtaktsysteme: Das Jahr entspricht in etwa einem Erdumlauf um die Sonne, der Monat dem Mondumlauf um die Erde und der Tag der Erddrehung um sich selber. Naturverrinn-Systeme sind heute weniger präsent. Damit könnten z.B. die Schneeschmelze, die Spargelsaison oder die Herbstfärbung der Laubblätter gemeint sein, also generell die Jahreszeiten, wo es sie denn gibt. Sie sind recht ungenau und wenn wir die Regale der Supermärkte betrachten, so wieso am Verschwinden.

Mit der Pendeluhr, die wir hier vorstellen, möchten wir zur spielerischen Auseinandersetzung mit der gegenseitigen Abhängigkeit von Zeit und Raum verführen, wie das die Bewegung des Pendels zeigt.



Arbeitsanleitung für die Pendel-Uhr

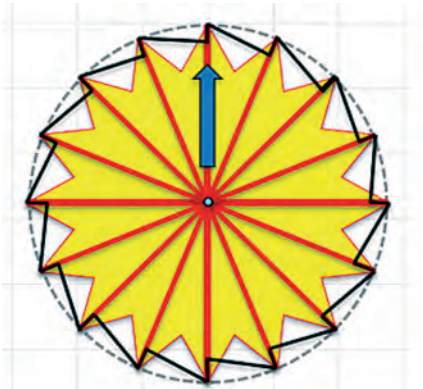


Material

Streichholzschachtel
2 Trinkhalm, Stecknadel, Halbkarton
(z.B. Postkarte oder Glückwunschkarte) und Schreibpapier.

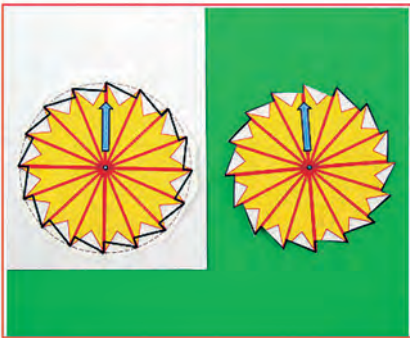
Vorbereitung

Schneide das Zahnrad um die gestrichelte Linie herum grossräumig aus.

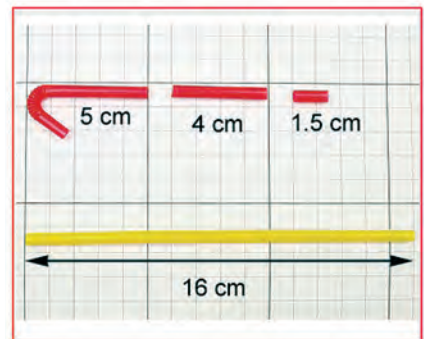


Klebe es auf einen Halbkarton.

Schneide es exakt den schwarzen Linien nach aus.



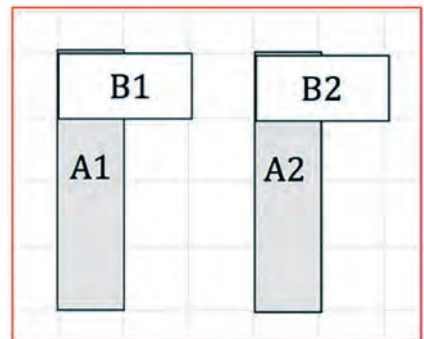
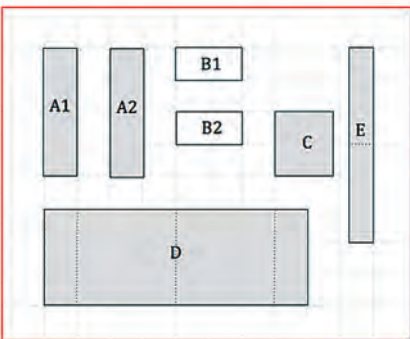
Schneide die 2 Trinkhalm, wie rechts dargestellt, zu.



Schneide die Teile A bis D zu.
Graue Teile aus Halbkarton, weisse Teile aus Schreibpapier.

Der Massstab der Häuschen entspricht 1 cm Kantenlänge.

Klebe B1 auf A1 und B2 auf A2 wie abgebildet.



Klebe ein Papier auf die Vorderseite der Streichholzschachtel.

Zeichne eine Hilfslinie, 1,5 cm unterhalb der Oberkante und markiere darauf die Mitte.

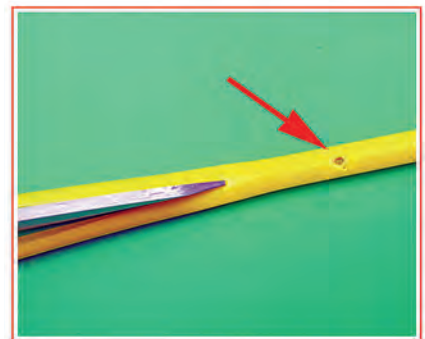
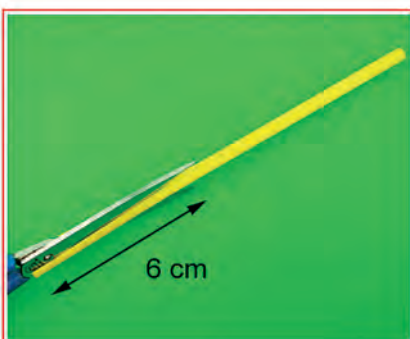
Klebe mit Klebband das C-Teil unten auf die Seite der Schachtel.



Schneide den langen Trinkhalm auf der Länge von 6 cm auf.

Durchstosse den Trinkhalm in der Mitte (8 cm vom Ende) mit einer Stecknadel.

Das Loch (Pfeil) hat die gleiche Ausrichtung auf dem Trinkhalm, wie die Schnittebene!



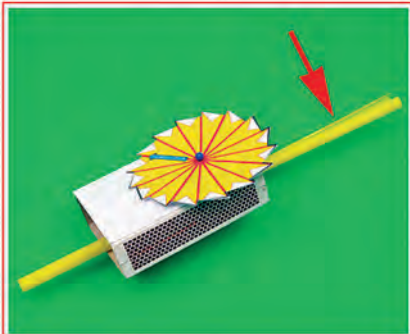
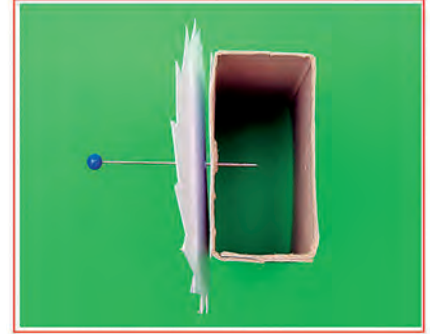


Zusammenbau

Durchstosse das Zahnrad in der Mitte mit der Stecknadel.

Platziere das Zahnrad in die Mitte der Hilfslinie auf der Streichholzschachtel.

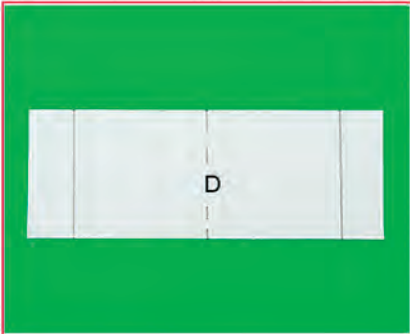
Stosse die Stecknadel vorerst nur bis zur Hälfte in die Schachtel.



Legе den aufgeschnittenen Trinkhalm in die Hülle der Schachtel. Die aufgeschnittene Seite zeigt nach oben und nach vorne (Pfeil).

Stosse die Stecknadel senkrecht durch die vorgelochte Öffnung im Trinkhalm und durch die hintere Wand der Hülle hindurch.

Kontrolliere, dass sich das Zahnrad leicht drehen lässt!



Falte den D-Teil entlang der gestrichelten Linie nach hinten zu zwei gleichen Teilen.

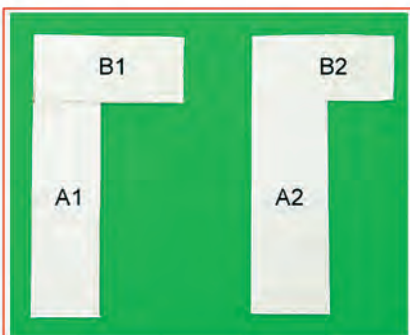
Falte die Enden entlang der durchgezogenen Linie nach vorne.



Klebe die gefaltete «Halterung» hinten auf die Hülle. Platziere sie so, dass die Stecknadel im Fold eingeschlossen wird.

Verlängere den Schnitt im Trinkhalm bis auf die Höhe des oberen Randes der Hülle (Pfeil).

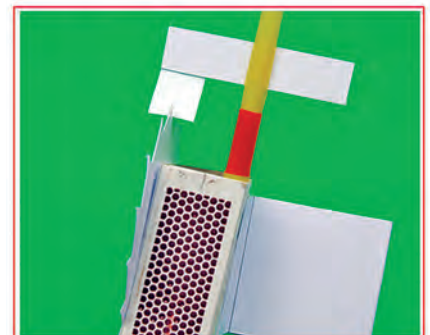
Stosse das 1,5 cm lange Trinkhalmstück bis zum Anschlag über den aufgeschnittenen Teil.



Einsetzen der Anker

Legе einen Anker mit dem A-Teil, wie abgebildet, in den aufgeschnittenen Trinkhalm.

Führe ihn hinunter, bis er rechtwinklig zum Trinkhalm steht und der B-Teil in das Zahnrad hineinfaßt.



Arbeitsanleitung für die Pendel-Uhr

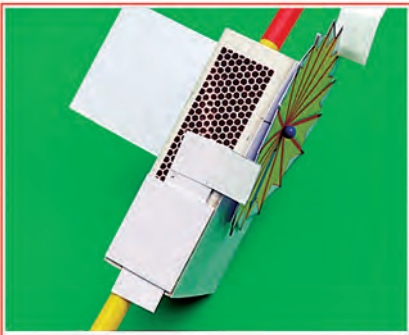
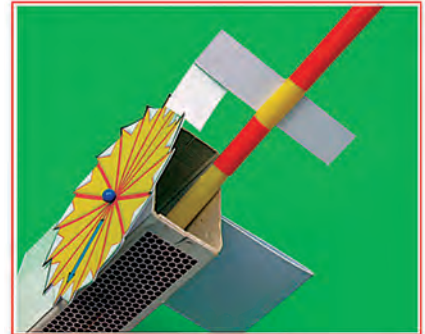


Der B-Teil biegt sich dabei selber etwas zur Seite. – Diese Biegung ist wichtig. Aber vermeide einen Knick im B-Teil!

Drehe das Zahnrad **im Uhrzeigersinn**.

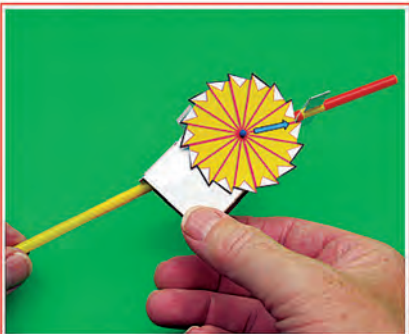
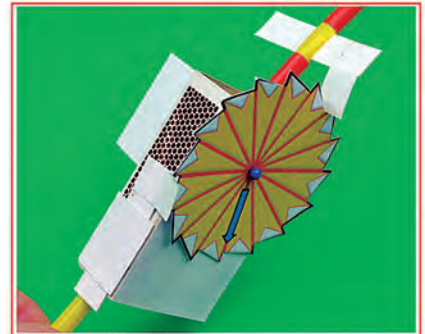
Der B-Teil muss gut über die Zacke gleiten und dann wie eine Feder in die Kerbe springen.

Fixiere mit den beiden Trinkhalmabschnitten die Position des Ankers.



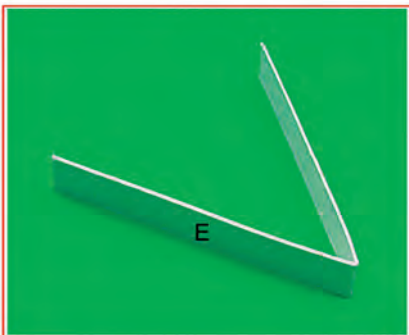
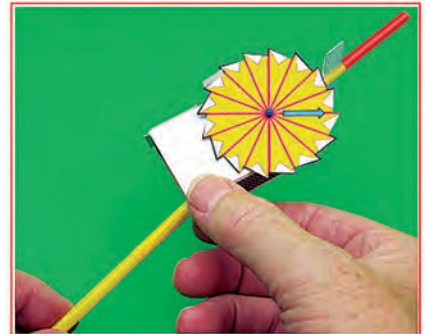
Schiebe den A-Teil des zweiten Ankers in die seitliche «Tasche» (C-Teil) an der Hülle.

Richte den zweiten Anker so aus, dass er in die Kerbe des Zahnrades greift, wenn der erste Anker das Zahnrad ganz nach rechts gedreht hat.



Der seitliche Anker verhindert, dass das Rad zurückdrehen kann.

Wenn das «Pendel» zurückschwingt, gleitet der erste Anker über eine Zacke und greift in die hintere Kerbe. Beim neuerlichen Ausschlagen des Pendels dreht der erste Anker das Zahnrad um eine Zacke im Uhrzeigersinn.



Einhängen des Pendels

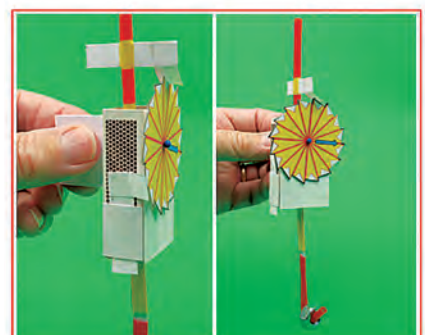
Biege das 0,7 cm breite E-Teil entlang der gestrichelten Linie.

Drücke mit Zeigefinger und Daumen den unteren Teil des Trinkhalms seitlich nur so fest zusammen, dass du eine Hälfte des E-Teils in den Trinkhalm schieben kannst.



Schiebe auf die gleiche Weise die andere Hälfte in den Trinkhalm mit dem «Haken». Hänge ein Gewicht (Schraube, Schlüssel etc.) an den Haken.

Halte deine Pendeluhr an der Halterung und bringe das Pendel durch kleine seitliche Bewegungen zum Schwingen. Höre auf den Takt (Tic-Tac) und beobachte die Bewegung des Zeigers ...



Elemente der Zeitmessung, die beim Bau einer Uhr eine wichtige Rolle spielen

1. Taktmessen, Rhythmus, Unruhe
2. Die Überwindung der Reibung → Verrinn-Systeme (z.B. die Sanduhr) nutzen dazu die Schwerkraft
3. Zählen → Das Zählen sichtbar machen. Bei dieser Pendeluhr dreht sich das Zahnrad und mit ihm der Pfeil

1. Ohne Unruhe kein Takt

Jede Uhr braucht einen Antrieb. Gewichte, eine Feder, eine Batterie oder die Erschütterung durch das Handgelenk können eine Uhr antreiben, indem sie die Zeiger vorrücken lassen. Dies geschieht meistens ruckartig und das ist kein Zufall. Die Kraft, die durch den Antrieb bewirkt wird, muss nämlich so auf die Zeiger übertragen werden, dass sie in gleichmässigen Abständen wirkt. Dafür ist die Unruhe verantwortlich. Sie sorgt dafür, dass unabhängig von der Stärke der Kraft der Zeiger sich in regelmässigen Zeiteinheiten um die immer gleiche Wegstrecke vorwärts bewegt.

Die Frequenz ist unabhängig von der Kraft

Die Frequenz oder das Schwingen eines Schwingkörpers ist durch die Geometrie (den Bau) des entsprechenden Körpers bestimmt und nicht durch die Kraft, mit der man diesen Körper in Schwingung versetzt. Ob eine Gitarrensaite stark oder schwach gezupft wird, spielt keine Rolle, es entsteht immer der gleiche Ton (die gleiche Frequenz).

Ein Plastikmassstab kann das veranschaulichen: lässt man ihn zur Hälfte über eine Tischkante stehen und bringt man ihn in Schwingung, ertönt ein Schwingungslaut, der immer gleich ist, ob man ihn nun stark oder schwach anstösst. Erst wenn der Massstab weiter auf den Tisch hinaufgeschoben wird, verändert sich der Ton (er wird höher, bzw. im umgekehrten Fall tiefer).

Diese Tatsache wird beim Uhrenbau ausgenutzt, wenn man den Antrieb unabhängig von seiner Kraft in einen Takt umsetzen will. Als Taktgeber werden dabei schwingende Gabeln, die Stimmgabeln ähneln, getaktete Pendel, Quarze oder sogar nur Atome verwendet. Diese schwingenden Elemente werden bei den Uhren als Unruhe bezeichnet, weil sie unablässig in Bewegung sind.

Bei unserer Pendeluhr ist das Pendel der Taktgeber bzw. die Unruhe: Das Pendel bestimmt durch seine Länge und sein Ge-



Drum mach es wie die Sonnenuhr: Zähl die heitren Stunden nur.

wicht die Zeitdauer, die von einem Tick zum andern Tack verstreicht. Am Pendel kann die Uhr geeicht werden, indem es verlängert oder verkürzt wird.

Bei Quarzuhren werden Quarze mit elektrischem Strom zum Schwingen in ihrer Eigenfrequenz gebracht, bei Atomuhren sind es Atome. Die letzteren sind wohl die kleinsten Unruhen, die es gibt. Sie sind auch am genauesten und haben nur eine Sekunde Schwankung pro Jahr.

2. Reibung

Die Unruhe taktet den Antrieb. Dabei wird Antriebsenergie in Reibung umgewandelt. In der Regel will man diese Reibung möglichst klein halten. So werden in teuren Uhren Rubine als Lager eingesetzt: Sie haben eine harte Oberfläche und die Berührungsflächen werden möglichst klein gehalten. Die Reibung ist minimal.

Bei unserer Pendeluhr ist die Frage der Reibung nicht entscheidend. Da wir das Pendel durch seitliche Bewegungen immer wieder zum Ausschlagen bringen, lässt sich die Reibung der Anker am Zahnrad leicht überwinden.

3. Das Zählen sichtbar machen

Uhren haben Zeiger, um das Zählen sichtbar zu machen. Offenbar war das schon bei den ersten Uhren so. Unsere Pendeluhr hat eine Scheibe, die sich dreht. Gibt es noch andere Uhren, bei denen sich eine Scheibe und nicht der Zeiger dreht? Ja, z.B. Schaltuhren sind so gebaut. Hier ist aber nicht das Ablesen der Zeit die wichtigste Funktion, sondern das Schalten.

Werden zwei Zeiger bei einer Uhr eingebaut, wie ja fast immer für die Minuten-

und die Stundenangabe, dann muss jeder Zeiger mit einem eigenen Untersetzungsmechanismus versehen sein. Die normalen Armbanduhr sind also schon viel komplizierter gebaut als unsere Pendeluhr, die aus 13 Teilen besteht. Die Swatch hat 51, andere Armbanduhr 250 bis über 1500 Teile, je nachdem, wie kompliziert sie sind.

In der Regel haben die Uhren eine 12-Stunden- und nicht eine 24-Stunden-Einteilung. Ist das überall auf der Welt so? Was könnten die Gründe dafür sein?

Eine eigene Uhr erfinden

Natürlich gibt es nicht nur mechanische Uhren wie unsere Pendeluhr. Es wurden schon Sand-, Wasser- und Kerzenuhren gebaut. Wie könnte man bei diesen das Zählen sichtbar machen? Liessen sich noch ganz andere Uhren erfinden?

Schluss

Sonnenuhren zeigen besonders deutlich, dass Zeit und Raum unmittelbar zusammenhängen. Wer Zifferblätter von Sonnenuhren studiert, merkt bald, dass das eine komplizierte Sache sein muss, so abenteuerlich und vielfältig wie diese aussehen. Dabei spielt nicht nur der Ort eine Rolle, wo eine Sonnenuhr installiert ist, sondern auch der Tages- und besonders der Jahresverlauf: Die Positionen von Sonne und Erde ändern fortwährend.

explore-it

Link
www.explore-it.org