

EINFACHE EXPERIMENTE UM EINE KOMPLIZIERTE ERDE ZU VERSTEHEN



DAS WELTKLIMA HÄNGT AN
EINEM SEIDENEN FÄDEN



Experimente: Susana A. Alaniz-Álvarez, Ángel F. Nieto-Samaniego
Gespräch über das Foucaultsche Pendel: Miguel de Icaza Herrera

Illustration: Luis David Morán

Übersetzt von: Veronika A. Dülmer und Belinda Gómez Rementría

Universidad Nacional Autónoma de México

Enrique Luis Graue Wiechers
Rektor

Leonardo Lomelí Vanegas
Generalsekretär

William Henry Lee Alardín
Koodinator für Wissenschaftliche Forschung



Socorro Venegas Pérez
Generaldirektorin für Veröffenlichungen und Verlagsförderung

Lucía Capra Pedol
Direktorin des Geowissenschaftlichen Zentrums

Susana A. Alaniz Álvarez
Ángel F. Nieto Samaniego
Yadira H. Hernández Pérez
Koordinatoren der Reihe

Veronika A. Dülmer
Belinda Gómez Rementería
Übersetzerinnen

Ma. Teresa Orozco Esquivel
Korrektur

Juan Carlos Mesino Hernández
Gestaltung

Erste Auflage, 2020

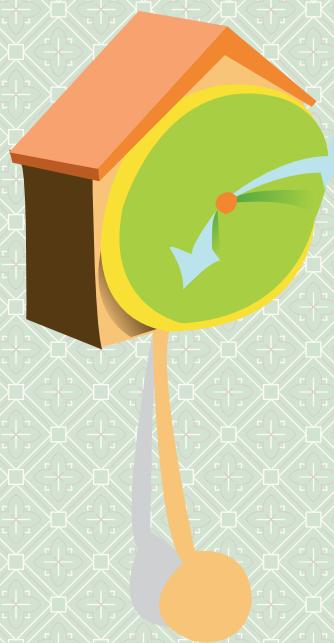
D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México

Centro de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México
No. 3001, Boulevard Juriquilla, Juriquilla, Querétaro
C.P. 76230, México

ISBN (Gesamtwerk) : 978-607-02-9619-2
ISBN :

Gedruckt und hergestell in Mexiko

Dieses Werk ist urgeberrechtlich geschützt. Weder das Gesamtwerk noch seine Teile dürfen ohne schriftliche Einwilligung der Herausgeber durch elektronische oder andere Mittel reproduziert werden.



Einfache Experimente
um eine komplizierte
Erde zu verstehen

4. Das Weltklima hängt an einem seidenen Faden

Experimente: Susana A. Alaniz Álvarez, Ángel F.
Nieto Samaniego

Gespräch über das Foucaultsche Pendel: Miguel de
Icaza Herrera

Illustration: Luis David Morán

Übersetzt von:
Veronika A. Dülmer und Belinda Gómez Rementería

Inhaltsverzeichnis



EINLEITUNG 3

Jean Bernard León Foucault 4

Teil I: Das Weltklima hängt an einem seidenen Faden

Susana A. Alaniz Álvarez und Ángel F. Nieto Samaniego

1. Experiment	5
„Um die Zeit zu messen, brauche ich nur einen Faden und eine Schraube“	
Zeitmessung mit einem Pendel	
2. Experiment	7
Lasst uns eine Ellipse machen	
3. Experiment	9
.... und sie bewegt sich doch.“	
4. Experiment	11
„Ich bevorzuge den Himmel wegen des Klimas, aber die Hölle wegen der Gesellschaft.“ Mark Twain	
Zeitdauer der Sonneneinstrahlung	
5. Experiment	14
„Die Verfolgung des eigenen Schattens“	
Einfallswinkel der Sonnenstrahlen	
6. Experiment	16
Spezifische Wärmekapazität. Wie viel Energie wird benötigt, um deine Temperatur zu verändern?	
7. Experiment	18
Die Dichte als Wassermotor	
8. Experiment	20
Die Luftdichte als Windmotor	
9. Experiment	22
Die Corioliskraft	

Teil II: Gespräch über das Foucaultsche Pendel 25

Miguel de Icaza Herrera

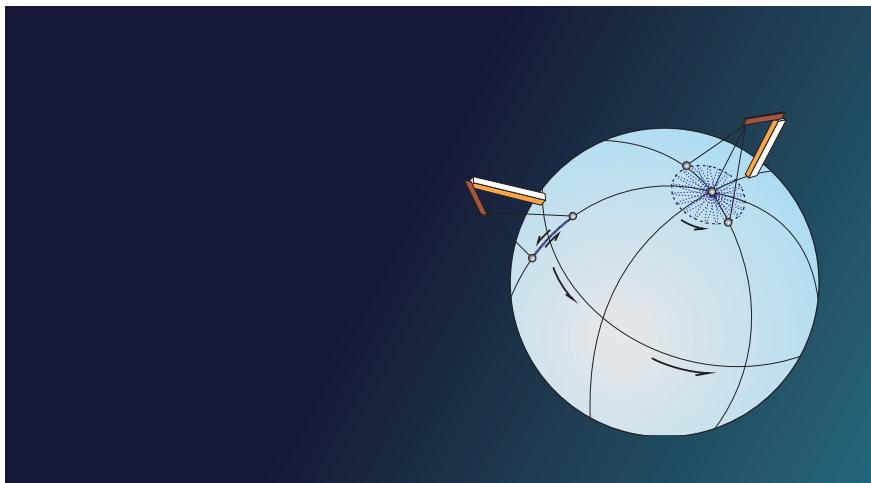
Danksagung	30
Über die Autoren	31
Über die Übersetzer	32

Einleitung

Dies ist der vierte Beitrag der Reihe „Einfache Experimente, um eine komplizierte Erde zu verstehen“. Hier findest du weitere Versuche, die du zu Hause mit einfachen, leicht zu erwerbenden Materialien durchführen kannst. Diesmal haben wir die Versuche ausgewählt, die mit dem Klima zusammenhängen. Wir laden dich ein, sie sorgfältig durchzuführen und zu beobachten, wie diese Phänomene in der Natur vorkommen.

In den Nachrichten hören wir oft, dass das Wetter von mehreren Faktoren bestimmt wird: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Atmosphärendruck. Mit diesen Informationen kann vorhergesagt werden, ob der Tag sonnig, regnerisch oder stürmisch sein wird. Das Wetter ändert sich von Tag zu Tag und die Untersuchung der lokalen Faktoren wird genutzt, um Prognosen zu erstellen. Das Klima andererseits umfasst die atmosphärischen Bedingungen, die eine Region charakterisieren, d.h., die das ganze Jahr überwiegen. Beispiele für Klimazonen sind tropische, subtropische und gemäßigte Zonen, sowie Wüsten- und Polargebiete. Das Klima wird hauptsächlich von der Sonne sowie von der Schwerkraft, der Erdrotation und der Erdumlaufbahn beeinflusst. Obwohl das Klima ein komplexes Phänomen ist, wirst du mit diesen einfachen Experimenten einige der grundlegenden Bedingungen verstehen können, die es bestimmen.

Die Hauptfigur in diesem Buch ist Jean Bernard Léon Foucault, den wir ausgewählt haben, weil er einen äusserst genialen Weg gefunden hat, die Erdrotation zu demonstrieren, ohne die Sterne betrachten zu müssen. Und wie wir sehen werden, spielt die Rotation eine grundlegende Rolle für das Klima einer Region.



Jean Bernard León Foucault (1819-1868) wurde in Paris (Frankreich) geboren. Er nutzte die Popularität, die die Wissenschaft im Frankreich des 19. Jahrhunderts gewonnen hatte, um sein experimentelles Genie zu beweisen: 1845 führte er die Fotografie in die Astronomie ein, 1850 maß er die Lichtgeschwindigkeit mit einem System von rotierenden Spiegeln und demonstrierte experimentell, dass sich Licht im Wasser langsamer ausbreitet als in der Luft. Er konzipierte das Fernrohr 1851 und erfand 1852 das Kreiselinstrument (eine kreisförmige Scheibe, die sich um ihre Achse dreht, wie ein Brummkreisel oder ein Laufrad), um die Erdrotation aufzuzeigen. Nach der Pariser Weltausstellung 1851 erlangte Foucault internationalen Ruhm, als er der Welt das Pendel zeigte, das heute seinen Namen trägt.

Ein Pendel ist ein Körper, der an einem Faden hängt, mit dem es möglich ist, Hin-und-Her-Bewegungen zu erzeugen. Das Foucaultsche Pendel war etwas über 65 m lang und der hängende Körper war eine Kanonenkugel. Foucault montierte es im berühmten Panthéon der französischen Hauptstadt und demonstrierte damit experimentell die Erdrotation, indem er zeigte, dass die Schwingungsebene des Pendels in einer bestimmten Zeit eine komplette Drehung machte. Da sich die Richtung der Schwingungsebene des Pendels nicht ändert, zeigte die Aufzeichnung einer vollen Umdrehung an, dass das, was sich drehte, die Erde war. So kam er auf die Idee, dass ein Pendel die Erdrotation demonstrieren kann, ohne Bezugnahme auf Beobachtungen der Sterne am Himmel: Die Spur, die das Pendel an einem der Pole der Erde hinterliesse, würde an einem Tag eine komplette Umdrehung ergeben, während sie am Äquator immer in der gleichen Position verbliebe.

„Um die Zeit zu messen, brauche ich nur einen Faden und eine Schraube“

1. EXPERIMENT

Zeitmessung mit einem Pendel

Materialien

Schrauben oder andere schwere Gegenstände, die du an einem Faden aufhängen kannst.



Fäden in verschiedenen Längen: 10 cm, 30 cm, 100 cm, 250 cm.



Eine Uhr oder Stoppuhr.



Vorgehensweise

Erstelle mehrere Pendel, indem du Objekte mit einem bestimmten Gewicht an das Ende eines jeden Fadens befestigst.

Hänge sie an einer horizontalen Stange (z.B. einem Geländer) auf.

Betätige ein Pendel nach dem anderen und stoppe die Zeit der Vollschwingungen. Notiere das Ergebnis in einem Notizbuch. Wiederhole den Vorgang, indem du die Schraube jetzt stärker anhebst, damit die Bewegung eine grösitere Amplitude erreicht. Mach dasselbe danach mit den anderen Pendeln unterschiedlicher Fadenlängen.



Beobachtung

Für jedes Pendel gilt, dass die Schwingungszeit gleich ist, d.h. unabhängig davon, ob die von der Schraube zurückgelegte Strecke groß oder klein ist. Jede Vollschwingung eines Pendels von 50 cm Länge dauert etwa eineinhalb Sekunden. Du wirst auch feststellen, dass das Pendel im Laufe der Zeit aufhört zu schwingen, was auf den Widerstand der Luft zurückzuführen ist, der die Bewegung des Pendels nach und nach verlangsamt.

Das Experiment gelingt umso besser, je länger und leichter der Faden ist, je schwerer die Schraube und je kleiner die Amplitude der Schwingungen ist.

Varianten

Du kannst auch Objekte mit unterschiedlichen Gewichten aufhängen und wirst feststellen, dass sich die Schwingungszeit bei gleicher Länge des Pendels nicht ändert. Wenn die Schnur länger ist, wirst du feststellen, dass die Flugbahn des Pendels nicht genau eine gerade Linie ist, sondern eher eine Ellipse, d.h., ähnlich einem abgeflachten Kreis.



Anwendung im täglichen Leben

Ein Pendel ist sehr nützlich, um die Zeit zu messen, und zweifellos wird es hauptsächlich zum Herstellen von Uhren benutzt. Beachte, dass die Linse (das Gewicht) alter Uhren flach ist, um den Luftwiderstand zu verringern. Das vergnüglichste Pendel ist die Schaukel. Ein Pendel ohne Bewegung ist ein Lot und dient zur Anzeige der Vertikalen.

2. EXPERIMENT

Lasst uns eine Ellipse zeichnen

Materialien

2 Stahlnägel (Es können auch Äste, Stäbchen, Bleistifte usw. sein)

1 Schnur

Erdboden oder Sand

Ein Bleistift



Vorgehensweise

Schlage die Stahlnägel getrennt voneinander in die Erdboden.

Binde die beiden Enden der Schnur zusammen.

Setze den Stift in den Faden und bilde ein Dreieck mit der Schnur zwischen dem Bleistift und den Stahlnägeln. Ziehe den Bleistift nun an der Schnur entlang, zeichne die Ellipse und achte dabei darauf, dass das Seil immer straff ist.

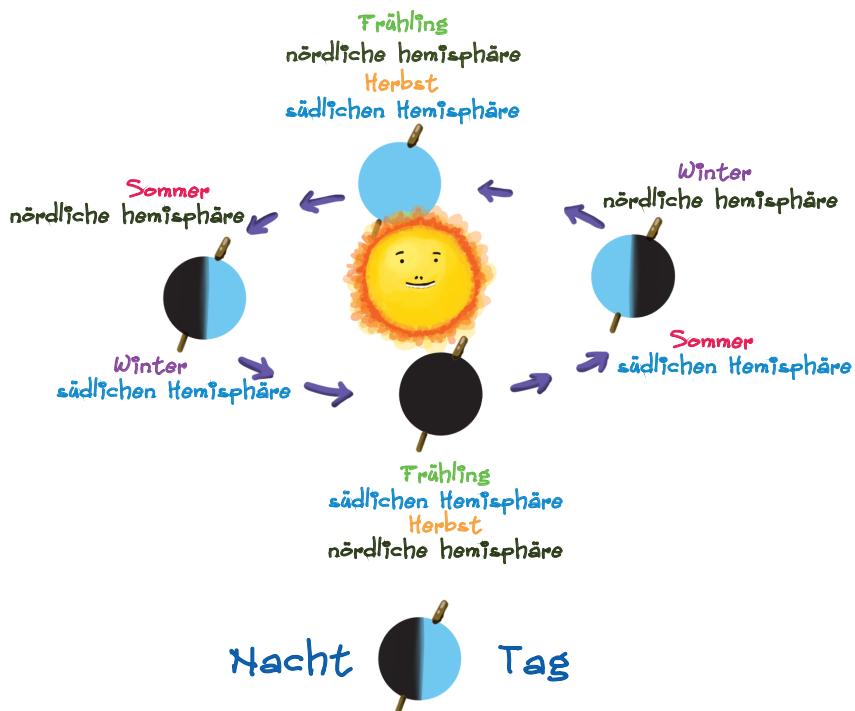
Beobachtung

Wenn der Abstand zwischen den Stahlnägeln (fachlich als Brennpunkte bezeichnet) sehr groß ist, wird die Ellipse sehr länglich sein, im Extremfall wird sie zu einer geraden Linie. Wenn der Abstand zwischen den Stahlnägeln jedoch sehr klein ist, wird die Linie fast zu einem Kreis. Eine Möglichkeit, die Ellipse zu charakterisieren, ist die Beziehung zwischen Länge und Breite. Wenn diese beiden Abstände ähnlich sind, ähnelt die Ellipse eher einem Kreis. Wenn sie sehr unterschiedlich sind, ähnelt sie eher einer Linie.



Vorkommen in der Natur

Die Bahn, die die Erde um die Sonne herum zurücklegt, ist ellipsenförmig, ähnelt jedoch fast einem Kreis. Deshalb ist diese Umlaufbahn NICHT die Ursache für die Schwankungen des Wetters in den verschiedenen Jahreszeiten. Beobachte, dass wenn die Erde am weitesten von der Sonne entfernt ist, ist es Sommer und Winter, und wenn sie am nächsten ist, ist es Frühling und Herbst. (Du kannst auch feststellen, dass, wenn es auf der Nordhalbkugel Sommer ist, es auf der Südhalbkugel Winter ist.)



3. EXPERIMENT

„.... und sie bewegt sich doch“

Materialien

Klebeband (Masking Tape)

Ein Fenster

Eine sternenklare Nacht



Vorgehensweise

Schau in einer sterbenklaren Nacht aus dem Fenster deines Zimmers und markiere auf der Glasscheibe mit einem Stück Klebeband die Position von mindestens drei Sternen. Ungefähr jede halbe Stunde (z.B. zwischen Fernsehprogrammen), markiere von genau dergleichen Stelle aus wieder die Positionen der gleichen Sterne. Wiederhole dies mindestens viermal, um einen Zeitraum von zwei Stunden zu erfassen.



Beobachtung

Die Sterne scheinen sich zu bewegen und was du tust, ist ihre Flugbahn zu markieren. Beachte, dass einige längere Entfernung als andere zurücklegen. Wenn du am nächsten Abend, zur gleichen Zeit und am gleichen Ort, die Markierungen, die du gesetzt hast, noch einmal überprüfst, wirst du feststellen, dass sie die gleichen Sterne wie am vorherigen Abend lokalisieren. Das ist so, weil es 23 Stunden und 56 Minuten dauert, bis die Erde eine komplette Drehung um ihre eigene Achse macht.

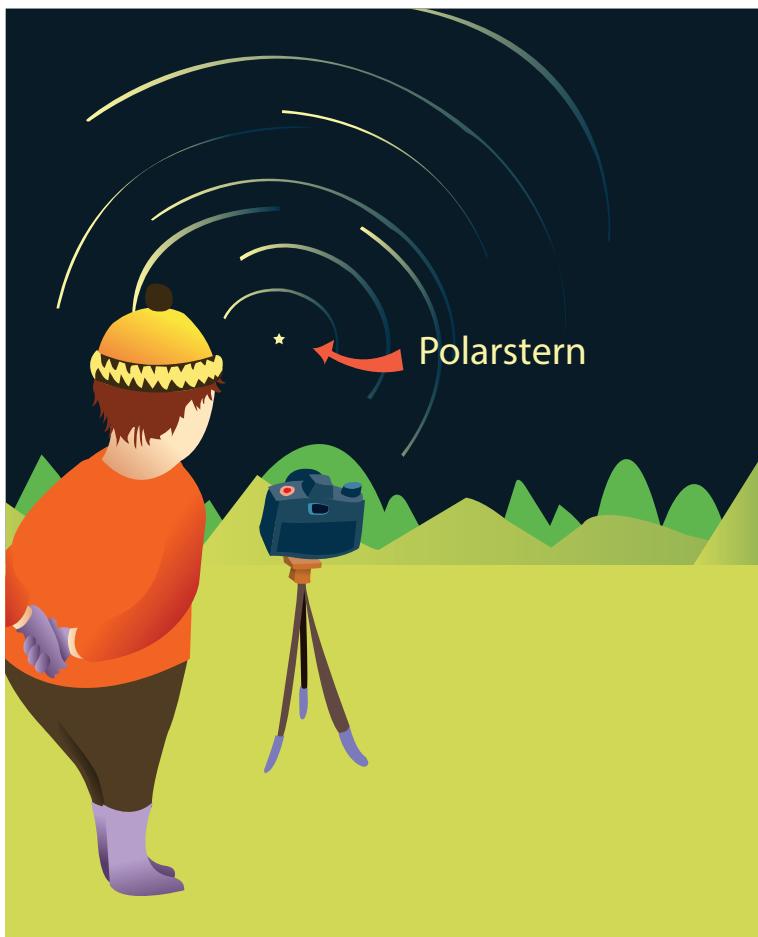


Erklärung

Was sich bewegt, bist du, oder besser gesagt, die Erde unter deinen Füßen durch die Erdrotation. Die weiter entfernten Sterne bewegen sich langsamer als die Planeten und der Mond, die uns näher sind. In diesem Experiment hängen die verschiedenen im Fenster markierten Entfernung jedoch nicht von der Entfernung zu den Sternen ab, sondern von ihrer Position in Bezug auf den Norden. Wenn du also den Polarstern im Fenster markieren würdest, bewegte sich dieser nicht.

Beobachtung im täglichen Leben

Wenn du in einem Auto oder LKW auf der Landstraße unterwegs bist, ziehen die Bäume in der Nähe schnell und die weiter entfernten weniger schnell vorbei.



Die Flugbahn der Sterne um den Polarstern herum an einem Himmel, der auf der Nordhalbkugel der Erde zu sehen ist.

„Ich bevorzuge den Himmel wegen des Klimas, aber die Hölle wegen der Gesellschaft.“

-Mark Twain

4. EXPERIMENT

Zeitdauer der Sonneneinstrahlung

Materialien

Ein sonniger Tag

Hemden in verschiedenen Farben, darunter ein schwarzes und ein weißes.

Vorgehensweise

Ziehe ein schwarzes Hemd an und gehe für fünf Minuten in die Sonne. Dann ziehe das weiße Hemd an und gehe für weitere fünf Minuten in die Sonne. Probiere Hemden in verschiedenen Farben und Materialien.

Beobachtung

Mit dem schwarzen Hemd wird es heißer in der Sonne als mit dem weißen.



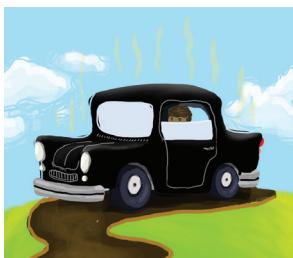
Erklärung

Die Wärme wird durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion übertragen. Bei der Wärmeleitung wird Wärme durch Kontakt übertragen (z.B. durch Berühren eines heißen Topfes), bei der Konvektion durch ein sich bewegendes Fluid (der Dampf, der bei kochendem Wasser aus dem Topf kommt) und bei Wärmestrahlung durch die Bewegung von Wellen ohne Einfluss eines sich bewegenden Fluids (wenn du dich einem Feuer näherrst, spürst du sofort die Wärme). In diesem Experiment greifen alle drei Mechanismen ein: Die Sonnenstrahlen geben Licht und Wärme ab, die Wärme breitet sich in Form von Strahlung durch die Luftsicht der Atmosphäre aus. Wenn die Strahlen die Oberfläche berühren, erwärmen sie und die Luft, die die heiße Oberfläche berührt, wird durch Wärmeleitung erwärmt. Wenn die Luft erwärmt wird, dehnt sie sich aus und steigt durch Konvektion auf.

Die Sonnenstrahlen kommen mit dem schwarzen Hemd in Berührung, dessen schwarze Farbe fast alle Strahlen absorbiert und das Hemd erwärmen, während das weiße Hemd fast alle Strahlen reflektiert.

Anwendung im täglichen Leben

Schwarze Autos erwärmen sich viel stärker als helle. Je länger ein Auto der Sonne ausgesetzt ist, desto mehr erwärmt sich die Luft in seinem Inneren.



Bei sehr heißem Wetter kannst du einem Hitzestau in deinem Auto vorbeugen, indem du die Fenster ein wenig offen lässt. Halte dein Schlafzimmer kühl, indem du die Vorhänge geschlossen hältst und die Sonnenstrahlen so nicht herein lässt, damit sie die Luft nicht erwärmen können.

Vorkommen in der Natur

Das Wetter einer Region hängt unter anderem davon ab, wie lange sie tagsüber dem Sonnenlicht ausgesetzt ist. Im Sommer sind die Tage länger als im Winter. Je länger der Tag, desto länger scheint die Sonne und desto wärmer wird die Luft.

Wie wir schon bei den verschiedenfarbigen Materialien gesehen haben, gibt es Farben, die mehr Strahlung absorbieren als andere, dunkle mehr als helle. Der Prozentsatz der Strahlung, den die Materialien reflektieren, d.h. derjenige, den sie nicht absorbieren, wird als Albedo bezeichnet (siehe Tabelle).

Wenn wir bedenken, dass sich die Luft bei Bodenkontakt erwärmt, und dass die Wolken einen Großteil der Sonnenstrahlen reflektieren, dann verstehen wir, warum es an bewölkten Tagen viel weniger heiß ist als an klaren Tagen. Die schneebedeckten Pole erwärmen sich kaum, da fast alle Strahlen reflektiert werden und weil die Strahlen dort in einem sehr flachen Winkel ankommen. In den letzten Jahren ist ein wichtiger Teil der nördlichen Polkappen geschmolzen. Wissenschaftler sind besorgt, da dies darauf hinweist, dass die globale Temperatur der Erde steigt. Die Erde kann mehr Wärme absorbieren, wenn Schnee zu Wasser wird, da die Albedo des Wassers kleiner ist als die des Schnees.

	Albedo
Neuschnee	86 %
Sehr helle Wolken	78 %
Wolken (Durchschnitt)	50 %
Wüsten	21 %
Boden ohne Vegetation	13 %
Wälder (Durchschnitt)	8 %
Vulkanische Asche	7 %
Ozeane	5 bis 10%



5. EXPERIMENT

Einfallswinkel der Sonnenstrahlen

Materialien

Eine 60 oder 100 Watt Glühbirne
Ein Verlängerungskabel
Ein Blatt Papier und Klebeband
Ein Umgebungsthermometer
Eine kleine Puppe oder ein Stück Kreide, das eine kleine Puppe darstellt.

Hinweis: Vorsicht mit dem elektrischen Strom und der heißen Glühbirne.



Vorgehensweise

Rolle das Blatt Papier, klebe es zu einem Lampenschirm zusammen und befestige es über der Glühbirne, um ihr Licht zu bündeln.

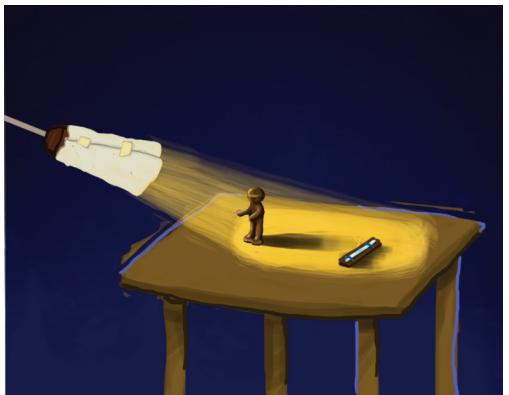
Halte den Lampenschirm zunächst senkrecht zum Tisch, so dass der Strahl (das Strahlenbündel) einen Kreis bildet. Stelle sicher, dass das Thermometer und die kleine Puppe beleuchtet werden. Nach drei Minuten miss die vom Thermometer angezeigte Temperatur. Du wirst feststellen, dass die kleine Puppe fast keinen Schatten wirft.



Neige den Lampenschirm dann so, dass das Licht diagonal auf den Tisch trifft, und achte darauf, dass der Abstand der Gleiche ist, wie beim vorherigen Mal und dass das Thermometer und die kleine Puppe beleuchtet werden. Du wirst sehen, dass der beleuchtete Bereich nun eine Ellipse bildet. Miss die Temperatur nach drei Minuten. Du wirst feststellen, dass die kleine Puppe jetzt einen Schatten wirft.

Beobachtung

Wenn der Lichtstrahl kreisförmig ist, ist die Temperatur des Tisches höher als wenn der Strahl die Form einer Ellipse hat. Der Schatten der Puppe wird größer, je flacher das Licht einfällt.

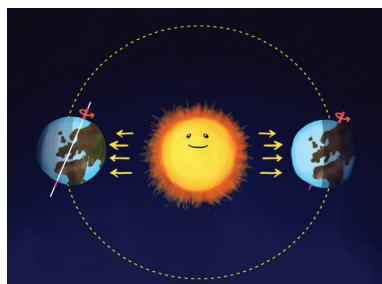


Erklärung

Die Strahlung, die von der Glühbirne ausgeht, kommt wie die von der Sonne in Form von Licht und Wärme. Der Lampenschirm konzentriert das Licht, und da es weniger Platz einnimmt, wird die Wärme konzentriert und der beleuchtete Bereich stärker erwärmt. Wenn die gleiche Lichtmenge gestreut wird, erwärmt sich der beleuchtete Bereich weniger stark.

Vorkommen in der Natur

Die Erde dreht sich um eine Achse, die gegenüber der Erdbahnebene, in der sie sich um die Sonne dreht, um $23,5^{\circ}$ geneigt ist. Wenn die Sonnenstrahlen senkrecht auf unseren Kopf treffen, ist unser Schatten fast gleich Null. Je flacher die Strahlen uns treffen, desto länger wird unser Schatten. Im Laufe des Tages ändert sich unser Schatten und auch während der verschiedenen Jahreszeiten. Zur Mittagszeit steht die Sonne am höchsten und die Strahlen treffen uns am senkrechttesten. Im Winter kannst du feststellen, wie stark die Erdachse geneigt ist, und beobachten, dass dein Schatten länger wird. Je weiter man vom Äquator entfernt ist, desto flacher fallen die Sonnenstrahlen im Winter ein. Je flacher der Winkel, in dem die Strahlen ankommen, desto weniger erwärmen sie die Erde und desto länger sind die Schatten. Die Neigung der Drehachse der Erde ist die Ursache für die Existenz der Jahreszeiten.



6. EXPERIMENT

Spezifische Wärmekapazität. Wie viel Energie wird benötigt, um deine Temperatur zu verändern?

Materialien

Drei Kunststoffbecher

Wasser, Erde, Luft

Ein Thermometer



Vorgehensweise

Fülle einen Becher mit Wasser, schüttle etwas Erde in einen anderen Becher, und lass den dritten Becher leer (d.h. mit Luft). Stelle die drei Becher in den Kühlschrank. Nimm sie nach zehn Minuten wieder heraus und berühre sie mit der Stirn, um zu vergleichen, welcher am kältesten ist. Dann stelle die Becher, die Wasser und Erde enthalten, 15 Minuten lang in die Sonne und misst mit einem Thermometer die Temperatur von Wasser und Erde.

Beobachtung

Wenn du die Becher aus dem Kühlschrank nimmst, kannst du feststellen, dass die Becher mit Luft und Erde kälter sind als der mit Wasser. Wenn du die Temperatur von Erde und Wasser misst, nachdem du sie 15 Minuten lang in der heißen Sonne gelassen hast, wirst du sehen, dass die Erde wärmer ist als das Wasser.



Erklärung

Wasser, Luft und Erde haben jeweils eine unterschiedliche spezifische Wärmekapazität, was ein Maß dafür ist, wie viel Energie benötigt wird, um die Temperatur eines Materials zu verändern. Wasser benötigt viermal mehr Energie als Luft oder Erde, sodass der Becher mit Wasser sich langsamer abkühlt. Das Gleiche passiert, wenn du sie in die Sonne stellst. Die Energie, die von der Sonne kommt und die für alle Becher gleich ist, erwärmt die Erde schneller als das Wasser.

Anwendung im täglichen Leben

Es ist bekannt, dass alle Objekte dazu neigen, die gleiche Temperatur zu haben, d.h. dass Objekte, die längere Zeit keiner Wärmequelle ausgesetzt sind, tendenziell alle Raumtemperatur haben. Die Zeit, die sie zur Erreichung dieser Temperatur benötigen, hängt von ihrer spezifischen Wärmekapazität und ihrer Materialmenge ab.

Der Mensch, wie auch alle Säugetiere und Vögel, reguliert seine Temperatur. Warmblüter nutzen den größten Teil ihrer Energie, um eine konstante Temperatur (ca. 36.5°C) zu halten, während die Raumtemperatur fast immer viel niedriger ist. Die kaltblütigen Reptilien sind auf die Umgebungswärme angewiesen, um ihre Temperatur zu erhöhen. Deshalb bewegen sie sich bei Sonnenschein schnell, während sie nachts, wenn die Umgebungstemperatur niedriger ist, bewegungslos bleiben.

Der menschliche Körper hat, wie die Erde, einen hohen Wasseranteil und kann seine Temperatur dank seiner hohen spezifischen Wärmekapazität leicht regulieren.



Wie beeinflusst dies das Weltklima?

Obwohl der Ozean fast die gesamte Wärme der Sonne aufnimmt (er hat eine niedrige Albedo), bleibt seine Temperatur aufgrund seiner hohen spezifischen Wärmekapazität nahezu unverändert. Wenn unser Planet nicht zu 75% mit Wasser bedeckt wäre, wären die Nächte hier sehr kalt. Orte in der Nähe eines Sees oder eines Ozeans haben deshalb ein viel angenehmeres Klima als Wüsten, in denen die Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht sehr extrem sind.

7. EXPERIMENT

Die Luftdichte als Wassermotor

Materialien

Pflanzliche Lebensmittelfarbe
Warmes Wasser
Eiswürfel
Eine kleine Flasche
Eine Schraubenmutter
Ein großer transparenter Behälter



Vorgehensweise

Bereite blaue Eiswürfel vor, indem du dem Wasser Lebensmittelfarbe zusetzt, bevor du sie ins Eismuseum stellst. Wenn die Eiswürfel fertig sind, erwärme Wasser in einem Topf und füge ein paar Tropfen roter Farbe hinzu. Gieße das heiße Wasser in die Flasche und füge die Schraubenmutter hinzu. Dann tauche die offene Flasche in eine große durchsichtige Schüssel mit Wasser und füge die blauen Eiswürfel ebenfalls hinzu.



Beobachtung

Das heiße rote Wasser im Inneren der Flasche steigt auf, während das kalte blaue Wasser aus den geschmolzenen Eiswürfeln nach unten abtaucht.



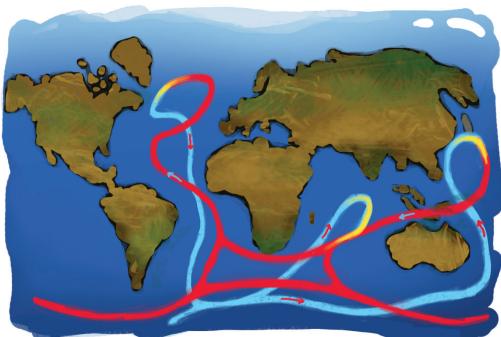
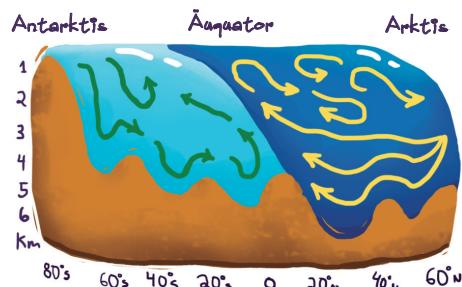
Erklärung

Wenn Wasser erwärmt wird, dehnt es sich aus und nimmt bei gleicher Wassermenge mehr Platz ein (d.h. es wird leichter) und steigt auf. Interessanterweise schwimmt Eis aus dem gleichen Grund im Wasser, weil es sich beim Gefrieren ausdehnt und dann weniger dicht ist als das Wasser im flüssigen Zustand. Wenn das Eis jedoch schmilzt, ist das Wasser zunächst noch kälter und dichter als das Wasser, das es umgibt, so dass es untergeht.

Wasser hat seine höchste Dichte bei 4°C, wenn seine Temperatur steigt oder sinkt, dehnt es sich aus und ist weniger dicht.

Vorkommen in der Natur

Immer wenn zwei Fluide (Gase oder Flüssigkeiten) mit unterschiedlichen Temperaturen und damit unterschiedlicher Dichte zusammenkommen, kommt es zu Bewegungen. Diese Konvektionsprozesse (wenn Wärme durch die Bewegung eines Fluids übertragen wird) spielen für die Entstehung des Klimas eine sehr große Rolle. Durch konvektive Prozesse werden Winde und Meereströmungen erzeugt. Die Bewegung des Meerwassers auf globaler Ebene wird zum Teil durch den Anstieg warmen Wassers sowie dem Absinken kalten Wassers verursacht, wobei große Mengen an Wärme übertragen werden. Die thermohaline Zirkulation ist die wichtigste ozeanische Strömung. In der Abbildung kann man sehen, dass sich das warme Wasser (rot) vom Äquator und den Tropen her in Richtung Nordatlantik bewegt, so dass eine warme Meereströmung mit Westeuropa in Kontakt kommt. Dies erklärt, warum Länder, die sich auf demselben Breitengrad befinden, unterschiedliche Klimazonen haben, so dass z.B. England weniger kalt ist als Ostkanada und Russland kälter ist als Schottland.



8. EXPERIMENT

Die Luftdichte als Windmotor

Materialien

Eine Lampe

Talkum, Mehl, Puder oder ein anderes feines Material.



Vorgehensweise

Schalte bei Dunkelheit eine Lampe an. Verteile Talkumpuder (oder ein anderes feines Material, das in der Luft schweben kann) über der Glühbirne.

Beobachtung

Das Talkumpuder steigt zusammen mit der warmen Luft über der Lampe auf.

Erklärung

Die Luft dehnt sich mit zunehmender Temperatur aus und verringert ihre Dichte. Die weniger dichte Luft schwimmt in der kälteren Luft und steigt auf. Im Experiment trägt die aufsteigende Luft die Partikel mit sich. Gase nehmen mit steigender Temperatur und sinkendem Druck an Volumen zu.

Variationen

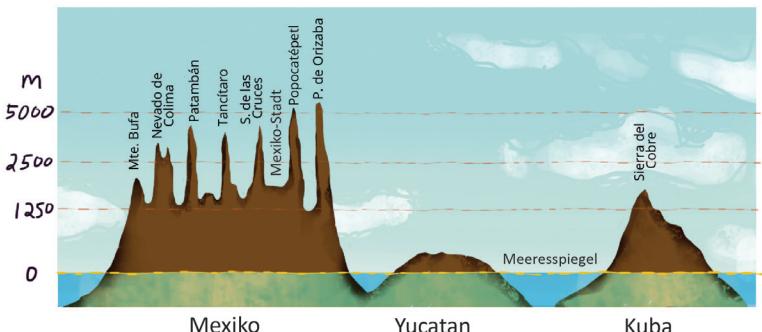
Du kannst dieses Experiment den ganzen Tag über in verschiedenen Situationen sehen: Wenn jemand eine Zigarette raucht, während eines Brandes oder wenn du in der Küche Wasser kochst.



Wie wirkt sich die Luftpumpe auf das Klima aus?

Die Wirkung der Erwärmung durch die Sonne beginnt, wenn ihre Strahlen die Erdoberfläche berühren und einige Stellen stärker erwärmen als andere (aufgrund der oben genannten Albedo und dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen). Die Luft ist auf Meereshöhe wärmer und steigt deshalb auf. Je höher sie steigt, desto mehr fällt der Luftdruck und die Luftmoleküle können sich trennen. Dabei kühlst die Luft sich wieder ab.

In der Erdatmosphäre sinkt die Temperatur um etwa $6,5^{\circ}\text{C}$ pro tausend Meter. Deshalb haben Vulkane und hohe Gebirgszüge Schnee auf ihren Gipfeln, obwohl sie sich in heißen Zonen wie dem Äquator (z.B. der Vulkan Cotopaxi) oder in tropischen Zonen (z.B. der Pico de Orizaba und der Nevado de Colima) befinden. Dies erklärt auch, warum Mexiko-Stadt eine angenehme Temperatur von etwa 22°C hat, während der nahegelegene Popocatépetl einen schneebedeckten Gipfel hat.



Profil Nordamerikas von West nach Ost auf dem 20sten Breitengrad.

9. EXPERIMENT

Die Corioliskraft

Du hast wahrscheinlich schon einmal gehört, dass sich das Wasser, wenn du es aus einem Becken auf der Nordhalbkugel ablässt, im Uhrzeigersinn dreht, während es auf der Südhalbkugel umgekehrt ist. Es wird oft gesagt, dass dies auf die Corioliskraft zurückzuführen ist. Es muss hier als erstes klargestellt werden, dass dies nicht zutrifft, denn die Erdrotation kann solch kleine Wassermassen nicht beeinflussen. Dennoch hat dieser Mythos die Popularisierung des Corioliseffekts ermöglicht.

Die Corioliskraft erklärt die Abweichung der Flugbahn eines Körpers, der sich auf einer rotierenden Oberfläche bewegt. Da die Erde Luft und Wasser auf ihrer Oberfläche hat, wird die Bewegungsbahn dieser Fluide durch die Rotation der Erde verändert, und dieser Effekt wurde genutzt, um die Richtungen von Winden und Meeresströmungen zu erklären. Um zu verstehen, wie die Corioliskraft funktioniert, mache zuerst einen Versuch:

Materialien

Eine rotierende Scheibe, entweder ein Karussell auf einem Spielplatz oder ein Blatt Papier, das du mit der Hand drehen kannst. Ein Ball oder ein Bleistift.



Vorgehensweise

Rolle den Ball auf dem Karussell, während sich dieses dreht; zuerst von der Mitte des Karussells nach außen und dann von außen zur Mitte hin. Drehe das Karussell gegen den Uhrzeigersinn.

Eine andere Möglichkeit, dieses Experiment durchzuführen, besteht darin, ein Blatt Papier zu nehmen und jemanden zu bitten, eine gerade Linie zu zeichnen, während du das Blatt drehst. Versuche zuerst die Linie von außen nach innen und dann von innen nach außen zu zeichnen.





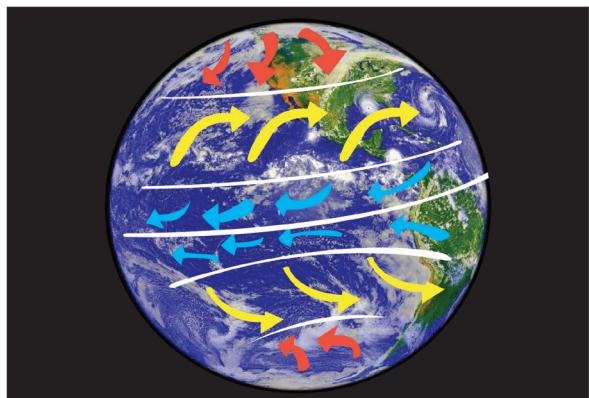
Beobachtung

Wenn wir den Ball von außen nach innen oder von innen nach außen rollen (oder die Linien zeichnen), werden die Bahnen im Uhrzeigersinn gekrümmmt.

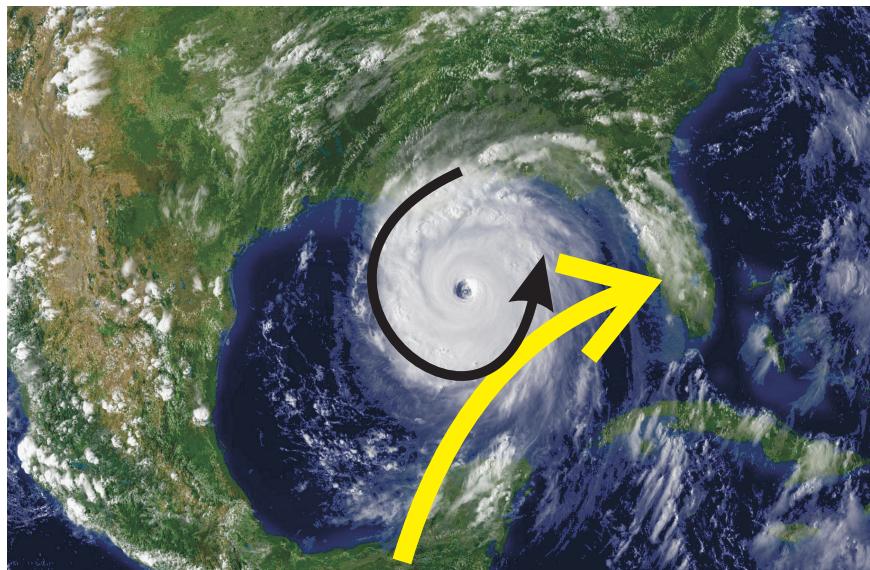
Variationen: Wenn wir die Scheibe im Uhrzeigersinn drehen, verlaufen die Bahnen gegen den Uhrzeigersinn.

Wie wirkt sich die Corioliskraft auf der Erde aus?

Wir drehen uns zusammen mit der Erde, wenn wir auf ihr stehen, aber die Fluide (Luft und Wasser) bewegen sich mit einer anderen Geschwindigkeit als die feste Erde. Am Äquator bewegen sich die Winde und Meeresströmungen nach Westen. Auf der Nordhalbkugel haben die vorherrschenden Winde, die sich nach Norden bewegen, eine nordöstliche Abweichung, während die Winde in Richtung Süden nach Südwesten abweichen. Durch die Erdrotation bewegen sich also Ströme und Winde auf der Nordhalbkugel im Uhrzeigersinn und auf der Südhalbkugel gegen den Uhrzeigersinn.



Wenn du ein Satellitenbild der Erde betrachtest, kannst du feststellen, dass sich Wirbelstürme auf der Nordhalbkugel gegen den Uhrzeigersinn drehen. Dies lässt sich unter anderem dadurch erklären, dass ein Zyklon als Niederdruckzone dazu neigt, die Umgebungsluft anzuziehen, die sich durch die Corioliskraft auf der Nordhalbkugel im Uhrzeigersinn bewegen würde. Dies führt dazu, dass sich die Zone des Zentrums, d.h. die Zone des Zyklons, in entgegengesetzter Richtung dreht, wie es in der Figur zu sehen ist. Dasselbe passiert, wenn du eine rotierende Scheibe mit einer Handbewegung nach rechts schlägst und sich die Scheibe in die entgegengesetzte Richtung bewegt.



Gespräch über das Foucaultsche Pendel

Miguel de Icaza Herrera

Das folgende Gespräch der Kinder Julia, José und Juan findet im Bildungs- und Kulturzentrum Manuel Gómez Morín im Bundesstaat Querétaro statt. Dort ist das schönste Foucaultsche Pendel in Mexiko installiert. Die Kinder beziehen sich auf die Workshops des Sophien-Projekts des Zentrums für Angewandte Physik und Fortgeschrittene Technologie der UNAM, in denen Kindern die Wissenschaft näher gebracht wird. Alle Kinder sind willkommen, besonders im Sommer.

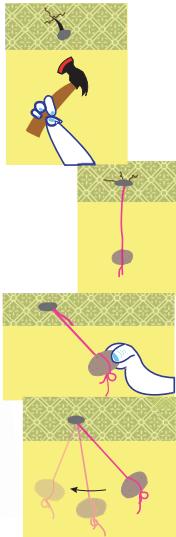
Juan. Ich habe nichts verstanden. Ja, die Kugel ist sehr schön. Ich denke, ich könnte sie lange ansehen, ohne mich zu langweilen, aber ich habe die Erklärung, die Ulises uns gegeben hat, nicht verstanden.

José. Zuerst hat er uns erklärt, wie man ein Lot macht. Er sagte uns, dass wir nur einen kleinen Stein an einer Schnur festbinden und ihn dann an einem Nagel aufhängen müssten.

Juan. Das versteht wohl jeder. Aber dann sagte Ulises, es sei notwendig zu warten, bis der Stein sich nicht mehr bewegt. Ich verstehe nicht, wie er sich alleine bewegen sollte. Es ist ein Stein! Er lebt nicht!

José. Ja, er hat uns erklärt, dass das Lot, wenn es am Nagel aufgehängt ist, in Bewegung bleibt, dass es sich aber immer weniger bewegt. Wenn wir warten, bis es sich nicht mehr bewegt, zeigt der Faden in die Richtung des Erdmittelpunkts.

Juan. Und was hat das mit Maurern zu tun?



José. Also, hast du nicht aufgepasst? Er hat erklärt, dass es verwendet wird, um Häuser gerade und nicht schief zu bauen.

Julia. Ich fand es viel interessanter, was er über die Rotation der Erde gesagt hat. Und ich habe mich wirklich ganz auf das riesige Pendel von Querétaro konzentriert und habe gesehen, wie es sich langsam drehte, und da hatte ich wirklich den Eindruck, dass sich die Erde drehte.

Juan. Ich habe wirklich keine Ahnung, worüber er gesprochen hat.

José. Du bist selber schuld: Ich habe gesehen, dass du angefangen hast, Süßigkeiten auszupacken, und weil du dich versteckt hast, damit er dich nicht sieht, hast du nicht aufgepasst. Hey Julia, und du hast es verstanden? Ich glaube, er hat sogar über die Planeten gesprochen!

Julia. Welche Planeten? Du scheinst Star Wars gesehen zu haben!

José. Ja, denk daran, dass er über die Umlaufbahn der Linse gesprochen hat.

Juan. Was für eine Linse?

José. So wird der Stein genannt, oder was auch immer am Faden hängt, um das Pendel zu bilden.

Julia. Ulises nennt den Weg, dem die Linse folgt, die immer von der Schnur gehalten wird, Umlaufbahn.

Juan. Beginnen wir schon mal damit: Welchen Weg? Ich habe nur die verflixte Linse gesehen, die sich von einer Seite zur anderen bewegte.

José. Nun, ich weiß wirklich nicht, wie ich es dir erklären soll. Ein Esel ist schlauer als du.

Julia. Schau, du hast bestimmt schon mal Flugzeuge gesehen, die am Himmel Kondensstreifen zeichnen. Diese Streifen, die sie auf ihrem Flug am Himmel hinterlassen, zeigen uns den Weg, den das Flugzeug genommen hat.

Juan. Naja, ich habe nicht gesehen, dass die Linse Rauch hinterlassen hat.

José. (Kurz davor, die Kontrolle zu verlieren) Mit oder ohne Rauch, der Weg ist einfach dort, wo die Linse vorbeikommt.

Julia. Denkt daran, dass Ulises uns gezeigt hat, wie sich die Linse in Ellipsenform bewegen kann.



Juan. In waaass?

Julia. Ja, die sind wie abgeflachte Kreise. Denkt daran, dass wir letzte Woche Geometriespiele gemacht haben.

José. Waren das die, als wir mit einer Schnur und zwei Nägeln gespielt haben? (Siehe Abb. 1).

Juan. Ja, genau! Erinnere dich, dass wir den ganzen Nachmittag damit verbracht haben, flache Kreise zu zeichnen!

José. Ja, das hat wirklich Spaß gemacht! Alles, was wir tun mussten, war, zwei kleine Nägel einzuschlagen und den Faden darum zu spannen, und dann mit einem Bleistift zu zeichnen, immer darauf achtend, dass der Faden gespannt war!

Julia. Dieser letzte Teil war sehr wichtig: Es war immer derselbe Faden, aber die Nägel wurden mit verschiedenen Abständen voneinander angebracht. Und wenn die Nägel dicht beieinander waren, erhielten wir etwas, was wie ein Kreis aussah, während, wenn die Nägel sehr weit auseinander waren, eine längliche Figur entstand, die Ellipse genannt wird. Diese Figur konnte immer dünner und dünner werden, wenn man die beiden Nägel immer weiter voneinander entfernte, so dass die Figur am Ende fast wie eine Linie aussah.

José. Darauf hatte ich gar nicht geachtet. Bist du sicher?

Julia. Ulises hat uns doch erklärt, dass sich die Linse normalerweise in einer ellipsenförmigen Bahn bewegt und dass diese Bahn sich in eine geradlinige Bewegung ändern kann.

Juan. gerad... ¿gerad... was?

José. Man kann kurz „geradlinig“, sagen, wenn man „in einer geraden Linie“ meint.

Juan. Ach so! ... und zu all dem, so eine schöne Kugel!

Julia. Und noch viel schöner ist ihre Empfindlichkeit für die sehr, sehr schwache Rotationsbewegung der Erde. So schwach, dass wir sie nicht einmal spüren.

José. Ich erinnere mich, dass Ulises uns die Erde gezeichnet hat und uns den Äquator und die Erdachse gezeigt hat. Und dann wählte er einen Punkt auf dem Umfang dieses Kreises aus und sagte uns, dass dieser Punkt Querétaro sei. Ich

erinnere mich jedoch nicht mehr an die Regel. (Siehe Abb. 2).

Julia. Denkt darüber nach. Erinnert euch. Vergesst nicht, wir haben ein Dreieck gezeichnet.

José. Du hast Recht! Ja, wir haben den Mittelpunkt der Erde und den Punkt, der Queretaro darstellt, mit einer Linie verbunden! Und dann? Ich habe es schon vergessen! ¿Was kommt als nächstes?

Julia. Nur damit ihr es nicht vergesst: Erinnert euch daran, dass diese Linie Radius oder Halbmesser genannt wird.

Juan. Daran erinnere ich mich noch, denn das war, als Ulises ausgerutscht ist. Mit einem Lineal hat er eine vertikale Linie durch den Punkt, der Querétaro darstellt, bis zum Äquator gezogen und den Schnittpunkt mit dem Buchstaben *h* beschriftet.

Julia. Ja, du hast Recht, aber er hat eine Linie parallel zur Rotationsachse der Erde gezogen, und sie bis zu dem Punkt verlängert, an dem sie den Äquator schneidet.

Juan. Und all diese Dreiecke, wofür?

Julia. Schau Juan, was meinst du mit all diesen Dreiecken? Es gibt nur eins!

Juan. Schon gut, in Ordnung. Und dieses Dreieck? Wofür ist das?

José. Ja, das habe ich auch nicht verstanden.



Abb. 1: Wie man eine Ellipse mit zwei Nägeln, einem Faden und einem Bleistift zeichnet.

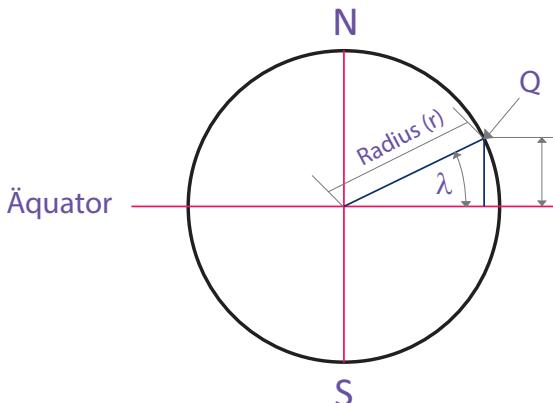


Abb. 2: Position von Querétaro im Erdkreis.
Der Winkel λ ist der sogenannte Breitengrad.
Diese Abbildung ist maßstabsgerecht gezeichnet: Mit ihr kann der Leser den Radius r die Höhe h messen und das Ergebnis selbst überprüfen.

Julia. In diesem Dreieck liegt das Geheimnis. Alles was wir tun müssen, ist, die... die Linien messen, wie Juan sie nennt, die Querétaro mit dem Erdmittelpunkt verbinden, d.h. der Radius des Kreises, den wir mit dem Buchstaben r bezeichnen, und die der Parallele von Querétaro, die wir mit h gekennzeichnet haben, was nichts anderes ist als die Höhe von Querétaro über dem Äquator.

Juan. Ich kann mir vorstellen, wie viel das Maßband kostet, um diese Messungen durchzuführen. Mein Vater musste ein spezielles 25-Meter-Maßband kaufen, um unser Haus zu vermessen und es war sehr teuer!

Julia. Nein! Es ist nicht notwendig ein 6.300 Kilometer langes Band zu kaufen! Man kann eine maßstabsgetreue Zeichnung verwenden, denn was uns interessiert, ist der Quotient aus dem Radius r auf Höhe h , d.h. r/h . Ich erinnere mich, dass das Resultat der Division, die wir alle zusammen gemacht haben...

Juan. Ja, es war 2,8. Na und?

Julia. Tja, das ist die Regel, um die Zeit zu berechnen, die das Pendel benötigt, um eine komplette Umdrehung zu machen. Wißt ihr

nicht mehr, wann dies zutrifft?

José. Ja, ich erinnere mich daran, dass er es gesagt hat, aber nicht mehr was er gesagt hat.

Julia. Es ist sehr einfach: Die Regel gilt für den Fall, dass sich die Linse entlang einer sehr gestreckten Ellipse bewegt, so gestreckt, dass sie einer Geraden ähnelt.

José. Ach so, das hast du vorhin gemeint, als du die geradlinige Bewegung erwähnt hast. Stimmt's?

Julia. Na ja. Die Sache ist die, dass die Linse, entlang der sich die Linse bewegt, d.h. die Umlaufbahn, nicht fixiert ist, sondern sich sehr langsam im Uhrzeigersinn dreht.

José. Die Linse bewegt sich also nicht immer auf denselben Weg hin und her, sondern ihr Weg dreht sich?

Julia. Genau! Und die Zeit, die sie braucht, um eine volle Runde zu machen, beträgt zwei Komma acht.

Juan. Zwei Komma acht was?

Julia. Zwei Komma acht Tage, d.h., fast drei Tage. Da ein Tag 24 Stunden hat, erinnert euch, haben wir 24 Stunden mit 2,8 multipliziert und 67,2 Stunden erhalten.

José. Das bedeutet, dass die Linse diese Drehung in Reaktion auf die Erdrotation in etwas mehr als 67 Stunden macht?

Julia. Genau! Aber ich verstehe offen gesagt nicht, warum du mich und nicht Ulises fragst, denn wir lernen nur, wenn wir fragen!

José. Jetzt erinnere ich mich. Dann erzählte uns Ulises, dass das gleiche Ergebnis in den Büchern anders dargestellt wird. Er erklärte uns, dass Erwachsene lieber über die Rotationsgeschwindigkeit der Erde und die Rotationsgeschwindigkeit der Umlaufbahn sprechen.

Juan. Jetzt sieht es so aus, als ob wir nicht Ulises hören würden, sondern den verrückten Professor.

Julia. Wieso denn das?

Juan. Weil José seltsame Wörter benutzt. Hat er nicht gerade Rotationsgeschwindigkeit der Erde gesagt?

Julia. Ja schon, aber wie soll er sie sonst nennen? Die von Ulises erwähnte Regel verbindet zwei Geschwindigkeiten: Zum einen die Rotation der Erde und zum anderen die Rotationsgeschwindigkeit der Linsenbahn.

Juan. Wie auch immer! Ich weiß weder, was die Rotationsgeschwindigkeit der Erde ist, noch kenne ich die andere.

José. Falsch! Du weißt es und jeder weiß es.

Juan. Was meinst du damit, jeder weiß es?

José. Ja, jeder weiß es, aber es ist wichtig etwas nachzudenken. Und da liegt vielleicht das Problem.

Juan. Was willst du damit andeuten? Da liegst du falsch! Ich kenne die Geschwindigkeit der Erde nicht!

José. Ich sage es dir jetzt besser, und du sagst mir, ob du es gewusst hast oder nicht. Die Geschwindigkeit der Erde beträgt eine Umdrehung pro Tag. So! Das ist es!

Juan. Tja, ehrlich gesagt, muss ich zugeben: Ich habe es gewußt.

Julia. Anders gesagt: Die Rotationsgeschwindigkeit ist 1, und da wir sie mit der Größe h der parallelen Linie multiplizieren und durch den Radius r teilen müssen, ist die Rotationsgeschwindigkeit der Linsenbahn einfach der Quotient h/r .

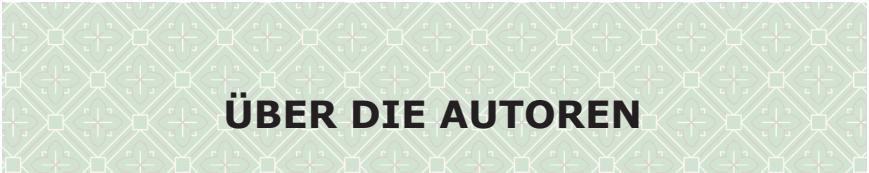
José. Ulises hat uns erklärt, dass der Winkel zwischen dem Äquator und der Geraden, die den Mittelpunkt der Erde mit Querétaro verbindet, Breitengrad von Queretaro genannt wird, λ in Abb. 2. Er hat uns versprochen, dass er uns beibringen würde, wie man den Polarstern findet und wie man den Breitengrad von Querétaro misst.

Juan. Ja, und er hat uns auch gesagt, dass wir uns nächste Woche mit Trigonometrie beschäftigen würden und dass wir danach verstehen könnten, warum die Rotationsgeschwindigkeit der Linsenbahn gleich der Sinusfunktion des Breitengrads its, auf dem das Pendel installiert ist.

Julia. Schaut mal, meine Eltern sind angekommen und holen mich ab. Bis dann also!

DANKSAGUNG

Die Autoren möchten sich ausdrücklich bei den folgenden Personen bedanken: Phys. José Ramón Hernández, Dr. Manuel Lozano Leyva, Dr. Fernando García, Dr. Teresa Orozco und Dr. Gilles Levresse, die die fachliche Seite des Manuskripts überprüft haben sowie bei Juan Carlos Mesino Hernández, der uns bei der Ausgabe der Website unterstützt hat..



ÜBER DIE AUTOREN

SUSANA A. ALANIZ ÁLVAREZ.

Wissenschaftlerin (Investigadora Titular C) am Geowissenschaftlichen Zentrum (CGEO) der Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Sie ist Geologin und hat 1996 ihren Doktortitel in Geowissenschaften erlangt. Alaniz Alvarez ist Mitglied der Mexikanischen Akademie der Wissenschaften sowie der Academia de Ingeniería. Sie hat über 45 wissenschaftliche Artikel über die Verformung der Erdkruste und Vulkanismus geschrieben. Außerdem hat sie mehrere Bücher und wissenschaftliche Zeitschriften herausgegeben. Sie gehört dem Sistema Nacional de Investigadores (SNI, Niveau II) an, gibt den Kurs „Strukturgeologie“ im Posgraduierten Studiengang der Geowissenschaften an der UNAM und ist Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. 2004 hat sie den Juana Ramírez de Asbaje Preis der UNAM erhalten.

ANGEL F. NIETO SAMANIEGO.

Doktor der Geophysik der Universidad Nacional Autónoma de México. Er ist Professor und Mitglied der Mexikanischen Akademie der Wissenschaften. Nieto Samaniego war Präsident der Mexikanischen Geologischen Gesellschaft, Herausgeber des Gedenkbandes zum hundertsten Geburtstag dieser Gesellschaft und gehört verschiedenen Redaktionskomitees wissenschaftlicher Zeitschriften an. Er hat 65 Artikel über die geologische Störungstheorie und die känozoische Verformung Mexikos veröffentlicht. Derzeit ist er festangestellter Forscher (Investigador Titular C) des Geowissenschaftlichen Zentrums der UNAM in Juriquilla, Querétaro.

MIGUEL DE ICAZA HERRERA.

Er studierte Physik an der Fakultät für Naturwissenschaften der Universidad National Autónoma de Mexiko (1970-1973) und absolvierte einen Postgraduiertenstudiengang an der Universität Poitiers (1973-1976) in Frankreich. Für seine Doktorarbeit erhielt er die Auszeichnung “Très Honourable”. Von 1980 bis 1990 entwarf, entwickelte und nutzte er den großen „Canyon“ des Laboratoriums für Hochdruckkräfte des Physikalischen Instituts der UNAM, der auch heute noch in Betrieb ist. Seit 1991 leitet er das Ultraschall-Labor, das sich seit 1997 auf den Campus von Juriquilla befindet. Er ist Mitglied des Zentrums für Angewandte Physik und Fortgeschrittene Technologie der UNAM.

Über die Übersetzer

VERONIKA A. DÜLMER, hat Germanistik und Katholische Theologie an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster studiert, sowie das Deutschlehrerdiplom des Goethe-Institut in Mexiko gemacht. Sie unterrichtet schon seit vielen Jahren Deutsch als Fremdsprache an der Geologischen Fakultät der Universidad Autónoma de Nuevo León und macht Übersetzungen hauptsächlich im Bereich der Geowissenschaften.

BELINDA GÓMEZ REMENTERÍA, Sie ist Deutschlehrerin an der Escuela Nacional Preparatoria 6 Antonio Caso. An der Philosophischen Fakultät der UNAM studierte sie den Master in Germanistik. Sie hat an derselben Fakultät ihr Studium der Germanistik abgeschlossen. Derzeit ist sie Koordinatorin der PASCH-Initiative, Schulen, Partner der Zukunft an der Preparatoria 6 "Antonio Caso". In Deutschland und Österreich hat sie verschiedene Kurse und Hospitationen für Deutschlehrer besucht. Sie hat Leitfäden für Deutsch als Fremdsprache für die Schüler der Escuela Nacional Preparatoria veröffentlicht.



Diese Broschüre ist Teil der Projekte PE400216 und PE106919 (DGAPA UNAM) und ein didaktischer Vorschlag für Interdisziplinäres Lernen von Wissenschaft und Sprache (deutsch).



dgapa



Finanzierung des Druckes durch die
Coordinación de la Investigación Científica
der Universidad Nacional Autónoma de México

Projekt PE106919



Die Reihe „Einfache Experimente, um eine komplizierte Erde zu verstehen“ basiert auf einer Liste der schönsten physikalischen Experimente aller Zeiten, die von der Zeitschrift „Physics World“ im September 2012 veröffentlicht wurde. Sie wurden wegen ihrer Einfachheit, Eleganz und ihres grossen Einflusses auf das wissenschaftliche Denken ihrer Zeit ausgewählt.

Jedes Heft dieser Reihe widmet sich einem dieser Experimente. Wir möchten erreichen, dass du mit Hilfe dieser Experimente lernst, die Phänomene unseres täglichen Lebens und unseres Planeten besser zu verstehen.

Diese Ausgabe widmet sich dem Experiment des Foucaultschen Pendels.

Bücher dieser Serie:

1. Atmosphärendruck und der Freie Fall der Körper
2. Das Licht und die Farben
3. Heureka! Schwimmende Kontinente und Ozeane
4. Das Weltklima hängt an einem seidenen Faden

Die komplette Reihe findest du unter folgenden Links :

<https://tellus.geociencias.unam.mx/index.php/len/guascencia/>

<https://sites.google.com/site/recursos4miradas/8>