

Astronomie als eigenes Schulfach?

Sarah Mirna

In meiner Tätigkeit als Physiklehrerin habe ich immer wieder Supplierstunden mit astronomischen Inhalten gefüllt. Es hat sich gezeigt, dass die Kinder und Jugendlichen ein schier unersättliches Interesse an dieser Naturwissenschaft haben. Leider ist es in den österreichischen Lehrplänen der einzelnen Unterrichtsgegenstände nur marginal vorgesehen, auf astronomische oder astrophysikalische Inhalte einzugehen. Damit hängt es von der jeweiligen Lehrkraft ab, ob Astronomie, Astrophysik und damit verbundene Fragestellungen im Unterricht behandelt werden. Diese Aspekte haben mich veranlasst, meine Diplomarbeit über das Thema **Astronomie als Unterrichtsgegenstand** zu schreiben.

Zufällig stieß ich in einem Gespräch mit einem deutschen Lehrer auf die Information, dass es in einigen Ländern ein eigenständiges Unterrichtsfach Astronomie gibt. Nach einiger Recherche stellte ich fest, dass Deutschland eine Vorreiterrolle innehat. Astronomie und Astrophysik werden in den meisten Ländern in andere Fächer wie Physik und Geografie integriert. Die Grundlagen astronomischer Bildung werden dabei schon in der Pflichtschule abgedeckt. In der Sekundarstufe II werden die entsprechenden Inhalte dann etwas differenzierter betrachtet und nur in seltenen Fällen als unabhängiges Wahlfach oder Wahlmodul gehalten.

Derzeit gibt es zumindest in folgenden Ländern einen unabhängigen Astronomieunterricht:

Land	Wochenstunden	Schulstufe
Deutschland (einzelne Bundesländer)	1	9. oder 10.
Paraguay	unbekannt	Sekundarstufe I und II
Russland	unbekannt	Ende der Sekundarstufe II
Ukraine	1	11.
Uruguay	1	10.
Griechenland (als Wahlmöglichkeit)	1	11.
Mexiko (in manchen Schulen)	unbekannt	Ende der Sekundarstufe II

Tab. 1: Länder, in denen Astronomie als unabhängiges Fach im Schulsystem vertreten ist.

In den nachstehenden Ländern gab es Astronomie als eigenständiges Unterrichtsfach über einen längeren Zeitraum:

Land	abgeschafft
Armenien	unbekannt
Deutschland (einzelne Bundesländer)	ab 1990
Georgien	unbekannt
Lettland	1993
Serbien	1990
Türkei	1974

Tab. 2: Länder, in denen der Astronomieunterricht in der Vergangenheit abgeschafft wurde.

Es gibt viele Gründe, die für ein eigenständiges Unterrichtsfach Astronomie oder die verstärkte Integration in andere Gegenstände sprechen. Die Astronomie ist ein wesentliches Bildungs- und Kulturgut – sie leistet einen unermesslichen Beitrag zur Allgemeinbildung aller Schülerinnen und Schüler. Da viele Jugendliche über die Astronomie einen Zugang zu anderen Naturwissenschaften finden, kann sie als „Trojanisches Pferd“ verstanden werden.

Ein großes Ziel meiner Arbeit war es, die Wichtigkeit astronomischer Inhalte für das österreichische Bildungssystem aufzuzeigen. Ausgangspunkt war für mich der Astronomieunterricht in Deutschland. Dazu habe ich alle Vor- und Nachteile ausgearbeitet und versucht, die gewonnenen Erkenntnisse auf das österreichische Schulsystem umzulegen. Um Astronomie im österreichischen Bildungssystem stärker etablieren zu können, gibt es mehrere Möglichkeiten. Ein einstündiges, unabhängiges Fach in der 8. oder 9. Schulstufe hätte den Vorteil, österreichweit einen großen Prozentanteil aller Schülerinnen und Schüler zu erreichen. Eine Alternative dazu stellt das Wahlmodul oder Wahlfach Astronomie dar, das ab der 10. Schulstufe für alle Jugendlichen zugänglich sein sollte. Die Astronomie bietet die Möglichkeit, vernetztes Denken zu fördern und projektorientierten Unterricht mit integrierendem Charakter zu realisieren. Außerdem gehören viele Aspekte, die in einem solchen Unterricht vorkommen sollten, zur Allgemeinbildung. Vor diesem Hintergrund wäre natürlich der Unterricht in der 8. Schulstufe die beste Lösung, denn es könnten die meisten Jugendlichen erreicht werden. Im österreichischen Bildungssystem wird jedoch eher die Variante „Wahlmodul oder Wahlfach“ zu realisieren sein.

Da mich die Astronomie auch persönlich sehr interessiert, sammle ich Ideen für praktische Einheiten, die im Physikunterricht (zum Beispiel im Wahlfach Physik oder Physik Labor) umgesetzt werden können. Folgende Übungen habe ich unter anderem in meiner Diplomarbeit behandelt:

Sarah.Mirna@grg23vbs.ac.at unterrichtet Physik und Mathematik am GRG Draschestraße Wien. E-Mail: Sarah.Mirna@grg23vbs.ac.at

- *Sommer und Winter sind unterschiedlich lang:* Wird das Jahr nach Frühlings- und Herbstpunkt geteilt, so kann man mit Hilfe eines kleinen Taschenkalenders die Länge der beiden Jahreshälften ermitteln.
- *Beobachtung des Sonnenuntergangs:* Zu welchem Zeitpunkt berührt die Sonne mit ihrem untersten Punkt den Horizont? Wie lange dauert es, bis die Sonne schließlich ganz hinter dem Horizont verschwunden ist? Warum verändern sich die Form und Farbe der Sonne beim Untergang? Was kannst du feststellen, wenn du die Orte und Zeitpunkte der Sonnenuntergänge unterschiedlicher Tage vergleichst?
- *Anfertigung und Verwendung eines Schattenstabs oder einer Sternkarte*
- *Abschätzung der Sternhelligkeit und Sternentfernung mit einer Taschenlampe*

Die erste und letzte Aufgabe werden im Folgenden im Detail ausgeführt.

Zusätzlich können aufwendigere und anspruchsvollere Aufgaben in der „Astronomischen Übungsreihe der ESA/ESO“ (<http://www.astroex.org/german/>) gefunden werden. Sie sind ausschließlich für die Sekundarstufe II geeignet und setzen grundlegende Kenntnisse in Mathematik und Physik voraus. Unter anderem beinhaltet die Reihe folgende Übungen: Entfernungsmessung der Supernova 1987A, Messen der Distanz und des Alters eines Kugelsternhaufens, etc.

Für die Sekundarstufe I gibt es eine Vielzahl an interaktiven Übungen von der ESA (ESA Kids: <http://www.esa.int/esa-KIDSen/>) und der NASA (NASA Kids Club: <http://www.nasa.gov/audience/forkids/kidsclub/flash/>).

Ich vertrete die These, dass der Unterricht in Physik, Mathematik und allen anderen Natur- und Geisteswissenschaften von der Astronomie profitieren können. Das Interesse der Schülerinnen und Schüler an astronomischen Inhalten ist sehr groß. Das spiegelt sich in einer hohen Lernmotivation und Lernbereitschaft wider. Die Beliebtheit dieser Wissenschaft kann genutzt werden, um die Jugendlichen „unauffällig“ an naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen heranzuführen. In diesem Sinne hoffe ich, dass die Astronomie schon bald ein fixer Bestandteil des österreichischen Bildungssystems wird.

Link zur Diplomarbeit: http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/Lehre/Diplomarbeiten/DIPLOMARBEIT_Sarah_Mirna.pdf

Aufgabe: Winter und Sommer dauern unterschiedlich lange!

Die Ekliptik schneidet die Ebene des Himmelsäquators in zwei Punkten: dem Frühlings- und dem Herbstpunkt.

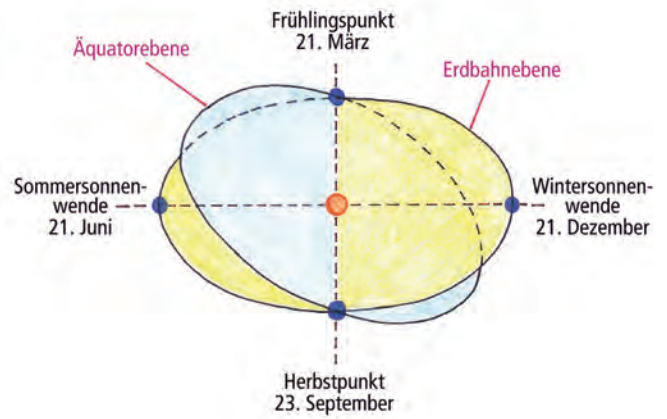


Abb. 1: Frühlings- und Herbstpunkt

Wird das Jahr nach Frühlings- und Herbstpunkt geteilt, so kann man mit Hilfe eines Taschenkalenders die Länge der beiden „Jahreshälften“ bestimmen. Die Schülerinnen und Schüler sollen diese einfache Aufgabe ausführen und schließlich analysieren und erklären, was ihnen dabei auffällt.

Erläuterungen

Bei vielen Menschen hat sich die Fehlvorstellung eingepreßt, dass es zu den Jahreszeiten kommt, weil sich die Erde auf einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt und daher manchmal weiter weg und manchmal näher ist. Tatsächlich entstehen die Jahreszeiten durch die Neigung der Rotationsachse der Erde gegenüber der Erdbahnebene. Aus genau diesem Grund sind die Jahreszeiten auf der Süd- und Nordhalbkugel auch vertauscht.

Die elliptische Bewegung der Erde um die Sonne ist Ursache für ein anderes Phänomen, nämlich, dass der Sommer und der Winter nicht gleich lang sind. Im Winter (auf der Nordhalbkugel), um den 3. Jänner (2. – 5. Jänner), ist die Erde der Sonne am nächsten. Nun wollen wir das 2. Keplersche Gesetz betrachten, welches besagt:

„Die Verbindungslinie Sonne-Planet überstreicht in gleichen Zeitintervallen Δt gleich große Flächen A .“

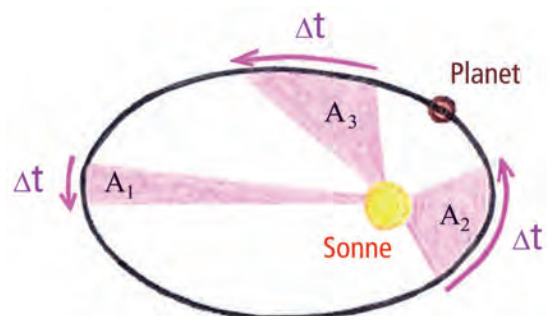


Abb. 2: Das zweite Keplersche Gesetz.

Aus diesem Gesetz folgt, dass ein Planet seine Bahngeschwindigkeit ändert. In der Nähe der Sonne ist die Verbindungslinie Sonne-Planet kürzer als in Sonnenferne. Damit ist ein Planet in Sonnennähe schneller. Die Erde hat in

Sonnenferne (Juni/Juli) eine Geschwindigkeit von 29,3 km/s und in Sonnennähe (Dezember / Jänner) beträgt die Bahngeschwindigkeit etwa 30,3 km/s.

Experiment zur Sternhelligkeit und Sternentfernung

Für dieses Experiment wird eine schwache Lichtquelle mit bekannter Leistung benötigt, die entweder gleichmäßig in alle Richtungen oder in einen Kegel mit bekanntem Öffnungswinkel abstrahlt. Eine klassische Taschenlampe, deren Reflektor entfernt wurde, könnte dazu dienen. Eine Alternative wäre eine Leuchtdiode bekannter Leistung. Die Schülerinnen und Schüler sollen herausfinden, aus welcher Entfernung in einer mondlosen Nacht die Lichtquelle etwa so hell wie Sterne wahrgenommen werden kann. Man kann diesen Versuch nur in einer Gegend durchführen, in der eine Sichtverbindung über etwa einen Kilometer möglich ist und wo keine weiteren Lichtquellen stören.



Abb. 3: Eine handelsübliche Taschenlampe mit Reflektor.

Hierbei sollten die Schülerinnen und Schüler Gruppen bilden. Eine Gruppe entfernt sich langsam mit der Taschenlampe und die andere Gruppe notiert Beobachtungen und Veränderungen. Während des gesamten Experiments sollten die Jugendlichen per Handy in Kontakt stehen. Im nächsten Schritt soll aus einer Wanderkarte oder Landkarte die entsprechende Entfernung abgelesen werden.



Abb. 4: Skizze zur Durchführung des Experiments auf einem Feld.

Bei diesem Experiment können einfache Berechnungen zur Sternentfernung getätigt werden:

Problemstellung 1: Auf der Fassung der Glühbirne in der Taschenlampe steht die Leistung. Dass diese Angabe sich

auf Leistungsaufnahme und nicht auf die viel geringere Lichtleistung bezieht, ist zunächst ohne Bedeutung. Die Schülerinnen und Schüler sollen sich überlegen, wie die Beleuchtungsstärke mit der Entfernung R abnimmt. Dabei wird angenommen, dass sich die abgestrahlte Leistung gleichmäßig auf eine gedachte Kugel mit dem Radius R verteilt.

Problemstellung 2: Die Sonne hat eine Strahlungsleistung von etwa $4 \cdot 10^{26}$ W, wobei etwa die Hälfte auf den sichtbaren Bereich entfällt. Das Lämpchen der Taschenlampe aus Abb. 3 hat eine Leistung von 0,45 W, doch beträgt ihr Wirkungsgrad nur magere 5%, so dass eine Lichtleistung von $0,45 \text{ W} \cdot 0,05 = 0,0225 \text{ W}$, also etwa 0,02 W erreicht wird. Angenommen, die Vergleichssterne strahlen ähnlich stark wie die Sonne, welche Aussagen kann man dann über ihre Entfernung tätigen?

Erläuterungen

Ad Problemstellung 1:

Im Folgenden wird angenommen, dass sich die abgestrahlte Leistung P der Glühbirne gleichmäßig auf eine gedachte Kugel vom Radius R verteilt. Die Oberfläche einer Kugel ist gegeben durch

$$O = 4\pi R^2$$

Die Strahlungsintensität I der Taschenlampe in der Entfernung R beträgt daher

$$I = \frac{P}{O} = \frac{P}{4\pi R^2}$$

Die Intensität der Strahlung nimmt also mit der Entfernung quadratisch ab.

Zur Veranschaulichung bietet sich folgende rechnerische Aufgabenstellung an:

Die Strahlungsintensität einer Glühbirne sei in 10 cm Entfernung 10 W/m^2 . Berechne, wie sich die Strahlungsintensität ändert, wenn du den Abstand verdoppelst! Wiederhole dies zehnmals. Erstelle eine Tabelle, in die du den Abstände und die dazu gehörigen Strahlungsleistungen einträgst! Stelle die Werte auch in einem Diagramm dar. Kommentiere das Ergebnis!

Nach der rechnerischen Variante könnte – unter Mitwirkung der Lehrkraft – die emotionale folgen: Aus dem Alltag ist bekannt, wie warm sich die Sonnenstrahlung auf der bloßen Haut, z.B. im Gesicht, anfühlt – besonders bei tiefstehender Sonne. Mittels einer ECO-Halogenglühbirne (230 V, 115 W) ersetzen wir die Sonne und untersuchen, in welchem Abstand von der Wange die künstliche Sonne etwa gleich stark wie die echte Sonne empfunden wird. Danach wird der Abstand mehrmals verdoppelt, so dass das $1/r^2$ -Gesetz auch spürbar wird.

Dazu zwei Hinweise:

- a) Da die Lampe doch recht heiß wird, sollte sie von der Lehrkraft gehalten werden.
b) Eine Kugel von 12 cm Radius um die Glühwendel der Lampe hat eine Fläche von rd. $0,18 \text{ m}^2$. Dadurch ergibt sich eine Strahlungsintensität von rd. 640 W/m^2 und entspricht dadurch der Sonnenstrahlung am Boden der Atmosphäre.

Ad Problemstellung 2:

Die Vergleichssterne sollen eine ähnliche Strahlungsleistung wie die Sonne haben, etwa $P = 4 \cdot 10^{26} \text{ W}$, davon etwa die Hälfte im sichtbaren Bereich. Führt man das Experiment durch, so kann man die Lichtintensität ermitteln, die eine Lampe bekannter Leistung verursacht. Kommt es also durch die Vergleichssterne am Nachthimmel zur gleichen Intensität I , so kann man Rückschlüsse auf ihre Entfernung ziehen:

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

R ergibt sich damit als

$$R = \sqrt{\frac{P}{4\pi I}}$$

Nun kann man die Entfernung des Sterns und der Lampe ins Verhältnis setzen.

$$\frac{R_{\text{Stern}}}{R_{\text{Lampe}}} = \sqrt{\frac{P_{\text{Stern}}}{P_{\text{Lampe}}}}$$

folglich

$$R_{\text{Stern}} = R_{\text{Lampe}} \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{Stern}}}{P_{\text{Lampe}}}}$$

Die ungefähre Entfernung der Vergleichssterne kann im nächsten Schritt in Lichtjahre umgewandelt werden. Dabei gilt, dass das Licht in einer Sekunde etwa 300.000 km und in einem Jahr $1,5768 \cdot 10^{11} \text{ km}$ zurücklegt.

Durchführung der Messung

Für das Experiment wurde eine handelsübliche Garten-Solarleuchte verwendet, bei der eine kleine $0,03 \text{ W}$ Glühbirne (6% optischer Wirkungsgrad) eingebaut war. Die Durchführung erfolgte im Oktober 2012 um 21:00 auf einem Feldweg nahe Wien, bei dem über mehrere Hundert Meter freie Sicht bestand. Bei einer Entfernung von etwa 180 m hatte die Glühbirne eine vergleichbare Helligkeit wie die aktuell sichtbaren Sterne.

$$R_{\text{Lampe}} = 180 \pm 5 \text{ m} = 0,18 \pm 0,005 \text{ km}$$

$$P_{\text{Lampe}} = 0,002 \text{ W}$$

$$P_{\text{Stern}} = 2 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

Das Einsetzen in obige Formel ergibt:

$$R_{\text{Stern}} = 360 \pm 10 \text{ ly}$$

Anmerkung:

a) Es ist wichtig, im Unterricht immer wieder zu betonen, dass es sich bei einem Lichtjahr nicht um einen Zeitspanne handelt. Viele Jugendliche glauben dies.

b) Selbst in mondlosen Nächten sieht man in der Umgebung von Städten wegen der Lichtverschmutzung des Nachthimmels praktisch nur Riesensterne, die eine wesentlich höhere Leuchtkraft als die Sonne haben. Z.B. ist die Leuchtkraft des Polarsterns etwa das 2500-fache der Sonnenleuchtkraft bei einer Entfernung von 430 Lichtjahren. Das Ergebnis des Experiments ist angesichts der einfachen Mittel und der ungünstigen Umgebung durchaus annehmbar.

Ich danke Herrn Priv.-Doz. Dr. Franz Embacher für die Betreuung der Diplomarbeit und Herrn Prof. Dr. Helmut Kühnelt für Vorschläge zu diesem Beitrag.

Zum Titelbild: Analemma über Kitzreck (Weststeiermark)

Ein Analemma fotografisch zu dokumentieren setzt große Beharrlichkeit und genaues Arbeiten voraus. Robert Pölzl hat 37mal im Lauf eines Jahres mit derselben Kameraeinstellung und Position die Sonne fotografiert. Dies gelingt mit einer Solarfolie vor dem Objektiv, wie sie auch für Sonnenfinsternis-Aufnahmen verwendet wird. Die so erhaltenen hellen Sonnenscheiben auf schwarzem Hintergrund wurden schließlich maßstabsgerecht in eine extreme Weitwinkelaufnahme der Landschaft kopiert. Die Aufnahmen erfolgten bei Kitzreck im Sausal, dem mit einer Seehöhe von 564 m höchstgelegenen Weinbauort Österreichs. (Quelle: Robert Pölzl/astrofotos.at)

Dieses Foto und ähnliche Analemma-Bilder mit schönen Landschaften sind auf der NASA-Website zu Astronomy Picture of the Day (APOD) zu finden.

Da Digitalfotos ein Seitenverhältnis von 3:2 haben, ist das Analemma-Bild am Titelblatt nicht Format füllend. Daher wurde es in eine Aufnahme des reichen Sternenhimmels über dem Pöllauberg (Oststeiermark, 753 m) eingebettet. Zwei Umstände trugen zu einem spontanen Sternenfoto bei: Am 23. 9. 2014 zeigte sich nach einer Schlechtwetterperiode ein wolkenloser Sternenhimmel. Im Naturpark Pöllauer Tal ist die öffentliche Beleuchtung auf ein Minimum reduziert – es herrscht bei Neumond tatsächlich finstere Nacht. Die Canon 1100 D wurde aufs Autodach gelegt und eine Aufnahme mit ASA 6400 und 30 Sekunden Belichtungszeit bei einer Brennweite von 28 mm gemacht.

Bleibt eine kleine Denksportaufgabe: Warum sind bei diesen Bedingungen die Sterne als kleine Striche abgebildet?