

Faszination Astronomie

Mit diesem Heft halten Sie eine mehrfache Premiere in Ihren Händen. Was gleich auffallen dürfte: Es handelt es sich um ein Themenheft, das erste dieser Zeitschrift. Warum gerade Astronomie als erstes Thema? Ein Grund ist die von ihr ausgehende Faszination, welche sich in entsprechendem Interesse auch von Seiten Jugendlicher ausdrückt. Ein zweiter Grund führt uns zum zweiten Novum: Als Herausgeber fungieren das Regionale Fachdidaktikzentrum Steiermark und die Initiative A4E – Astronomy for Education.

A4E entstand vor zwei Jahren als Arbeitsgruppe der ÖGA² (Österreichische Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik) als Plattform zur Förderung der Astronomie auf allen Ebenen der Bildungslandschaft. Dazu wurde ein Netzwerk aufgebaut, das von der wissenschaftlichen Astronomie an den Universitäten bis zur Amateurastronomie reicht mit besonderem Augenmerk auf Schule und Unterricht. Die Vielfalt und Breite der Plattform zeigt sich nicht zuletzt in den Beiträgen dieser Ausgabe.

Mit der Vorstellung des Instituts für Weltraumforschung beginnen wir zwar in der Steiermark, jedoch ohne regionale Wertung. Gerade diese Institution ist international höchst aktiv vernetzt, was sich zum Beispiel an ihrer Mitarbeit an der aktuellen Raumfahrtmission ROSETTA zeigt. Günter Kargl, der Verfasser des betreffenden Beitrags, wird bei der Landung auf dem Kometen besonders gespannt sein. Denn seine Arbeitsgruppe hat den Mechanismus entwickelt, der die Landefähre PHILAE nach dem Aufprall am Boden verankern soll. Ganz auf der Ebene astronomischer Forschung bleiben die nächsten beiden Beiträge von Arnold Hanslmeier (Karl Franzens-Universität Graz) sowie Christian Reimers und Thomas Posch (Universität Wien). Damit haben wir übrigens Beiträge von zwei Autoren, deren aktuelle Bücher in plus lucis 1-2/2013 vorgestellt wurden: „Faszination Astronomie“ (Hanslmeier) sowie „Das Ende der Nacht“ (Posch).

Der von Astronomen gefürchtete „Lichtsmog“ wird in einem weiteren Beitrag von Thomas Posch untersucht, wobei hier schon eine Brücke von der Forschung zur Schule geschlagen wird, indem eine Möglichkeit zur Messung der Himmelselligkeit vorgestellt wird. Zwischen Forschung, Schule und Amateurastronomie steht der Artikel von Martina Svibić. Sie wurde als Schülerin von einem tollen Bild inspiriert: Robert Pölzl fotografierte über ein Jahr in Kitzreck die Sonne jeweils zur gleichen Tageszeit. Die Überlagerung ergibt das sogenannte Analemma, das erste in Mitteleuropa aufgenommene, das es zum NASA Astronomy Picture of the Day schaffte. Martina Svibić gewann mit einer Abhandlung über dieses Phänomen den ersten Preis des Wettbewerbs der Kepler-Gesellschaft in Weil der Stadt, der sie nun als Studentin selbst angehört.

Eine Besonderheit der Astronomie ist ihre bunte und aktive Amateurszene, wie sie keine andere Naturwissen-

schaft hat. Wie professionell dort gearbeitet wird, zeigen die Beiträge von Gabriele Gegenbauer (ANTARES, Niederösterreich), Christoph Salzer (Sternfreunde Steyr), Johannes Stübler (Kepler Sternwarte Linz) und Maria Pflug-Hofmayr (ORION). Sie mögen hier stellvertretend für die vielen anderen Vereine und Sternwarten stehen, die sich ebenso in der Volks- und Jugendbildung engagieren.

Zwischen Universität und Schule stehen die beiden Artikel, welche aus von Franz Embacher betreuten Diplomarbeiten hervorgehen. Sarah Mirna hat die Möglichkeiten von Astronomie als eigenem Unterrichtsfach untersucht, Sarah Hurt jene von Astronomie als Bestandteil des Unterrichts. Beide bleiben nicht bei der empirischen Analyse stehen, sondern zeigen konkrete Vorschläge für den Physikunterricht.

Astronomie kann auch mit einfachsten Mitteln betrieben werden. Beobachtungen mit dem freien Auge ergeben die phänomenologische Basis für das Verständnis von Objekten und Bewegungen am Himmel. Dazu führt uns Gerhard Rath in die griechische Antike, wo erstmals aus elementaren Beobachtungen am Schattenstab ein geometrisches Modell des Himmels abgeleitet wurde. Als modellhafte Darstellungen des Sternhimmels können auch Sternkarten gesehen werden, die im nächsten Beitrag unterrichtspraktisch vorgestellt werden. Basteln, Geometrie und Geschichte vereinen sich ebenso im Thema Sonnenuhren, zu dem Nicolette Doblhoff detailliert ausgearbeitete Arbeitsblätter beisteuert.

Wieder zur Astrophysik kommen wir mit einer Vorstellung des Pluskurses Astronomie in Salzburg, in dem sich Herbert Pühringer theoretisch und experimentell mit Spektroskopie auseinandersetzt. Ebenso auf Oberstufenniveau angesiedelt sind die Aufgaben von Franz Embacher über Schwarze Löcher und Dunkle Materie. COSMOS steht nicht nur für den Weltraum, sondern für ein internationales Projekt. Christian Reimers stellt neben diesem eine Vielzahl weiterer Projekte, Portale und Initiativen vor, welche den Zugang zur Astronomie über neue Medien fördern sollen.

Somit hoffen wir, ein ansprechendes astronomisches Menü zusammengestellt zu haben, das Ihnen vielleicht Anregungen für Ihren Unterricht geben kann. Wir danken allen Autorinnen und Autoren für Ihre Beiträge und Helmut und Annelies Kühnelt für die abschließenden Arbeiten und das schöne Layout des Heftes.

Gerhard Rath, Christian Reimers

<http://physik.didaktik-graz.at>
<http://www.virtuelleschule.at/a4e>

IWF Graz hebt ab

Wolfgang Baumjohann, Alexandra Scherr



Das Grazer Institut für Weltraumforschung (IWF) beschäftigt sich mit der Physik und der Erforschung des Sonnensystems. Mit über 80 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus mehr als einem Dutzend Nationen ist es eines der größten Institute der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Die Arbeiten am Institut reichen von der Entwicklung und dem Bau weltraumtauglicher Instrumente über die wissenschaftliche Analyse der Messungen mit diesen Instrumenten im Weltraum bis zur physikalischen Interpretation der Daten. Die instrumentellen Schwerpunkte sind der Bau von Magnetometern und Bordcomputern, Antennenkalibrierungen und Laserdistanzmessung zu Satelliten. Wissenschaftlich befasst sich das IWF vor allem mit der Weltraumplasmaphysik, mit der oberen Atmosphäre von Planeten und Exoplaneten und mit dem Schwerefeld von Erde und Mond.



Abb. 1: Das IWF ist im Victor Franz Hess-Forschungszentrum Graz untergebracht (IWF/G. Fischer).

Derzeit ist das IWF an 16 internationalen Weltraummissionen beteiligt, die von der Europäischen Weltraumorganisation ESA oder nationalen Weltraumagenturen in den USA (NASA), Japan, Russland und China geleitet werden. Die Missionen reichen von Satellitenflotten im erdnahen Weltraum über die Sonnenbeobachtung und Erforschung von Planeten wie Saturn, Jupiter, Mars, Venus, Merkur und extrasolaren Planeten bis zur Landung auf Kometen. Vom Bau der Instrumente bis zur Auswertung der Daten beträgt die Projektlaufzeit 10 bis 30 Jahre.

Prof. Dr. Wolfgang Baumjohann leitet das Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
Mag. Alexandra Scherr koordiniert die Öffentlichkeitsarbeit.
IWF, Schmiedlstraße 6, 8042 Graz. T: (0316) 4120-400.
E-Mail: pr.iwf@oeaw.ac.at, <http://www.iwf.oeaw.ac.at>

Schwerefeld

Die nicht-sphärische Gestalt und der inhomogene Aufbau der Erde spiegeln sich in einer entsprechend komplexen Erscheinung des Erdschwerefeldes. Die Erdschwere hängt zum einen von der geographischen Position und vom Vorhandensein sichtbarer Massen (Gebirgen) und Massendefizite (Ozeanbecken) ab. Darüber hinaus sind der geologische Aufbau und die damit verbundenen Dichteunterschiede im Erdinneren für die Variationen des Erdschwerefeldes verantwortlich. Das globale Erdschwerefeld kann man sich als eine unendliche Schar von unregelmäßigen Flächen gleichen Schwerepotenzials vorstellen. Unter diesen Flächen befindet sich eine ausgezeichnete, die mit der Fläche des mittleren Meeresspiegels am besten übereinstimmt und als „Geoid“ bezeichnet wird. Für zahlreiche Disziplinen wie die Geodäsie, die Geophysik und die Ozeanographie sowie die Klimatologie ist eine Detailkenntnis dieses globalen Geoids – und dessen zeitliche Änderung – mit Zentimetergenauigkeit von fundamentaler Bedeutung.

Mit den Satellitenmissionen GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) der NASA und GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) der ESA erlebt die Erforschung des Gravitationsfeldes unseres Planeten derzeit einen großen Fortschritt. Kerninstrumente von GOCE sind ein GPS-Hochleistungsempfänger zur exakten Bahnbestimmung sowie ein hochpräzises Schwere-Gradiometer, das über Beschleunigungsmessungen zweite Ableitungen des Gravitationspotenziales in allen drei Raumrichtungen misst.

Im Falle von GRACE wird über einen Mikrowellenlink kontinuierlich der Abstand zwischen zwei sich verfolgenden Satelliten gemessen. Variationen in der Satellitendistanz spiegeln die Struktur des Erdschwerefeldes wider. Daraus lassen sich Rückschlüsse über Massenverlagerungen an bzw. nahe der Erdoberfläche gewinnen (z.B. Eisschmelze in den polaren Gebieten oder Grundwasseränderungen von Flusssystemen).

Als einziger natürlicher Trabant unseres Heimatplaneten kommt dem Erdmond besondere Bedeutung unter den Himmelskörpern zu. Aufgrund geringer geologischer Aktivität lassen sich mit dem Wissen um die physikalische Natur des Mondes Rückschlüsse auf die Evolution der Erde und des Sonnensystems ziehen. Dem lunaren Schwerefeld kommt zur Erforschung des Mondes eine Schlüsselstellung zu, denn aufgrund des Fehlens geeigneter seismischer Daten benötigt man diese Größen zur Bestimmung des Zustandes und der Größe des Mondkerns. Daten der NASA-Mission GRAIL (Gravity Recovery And Interior Laboratory) erlauben

die Rekonstruktion des Mondschwerefeldes mit noch nie da gewesener Genauigkeit und Auflösung (Abb. 2). Geophysikalische Größen können gemeinsam mit den Schwerefeldparametern geschätzt werden.

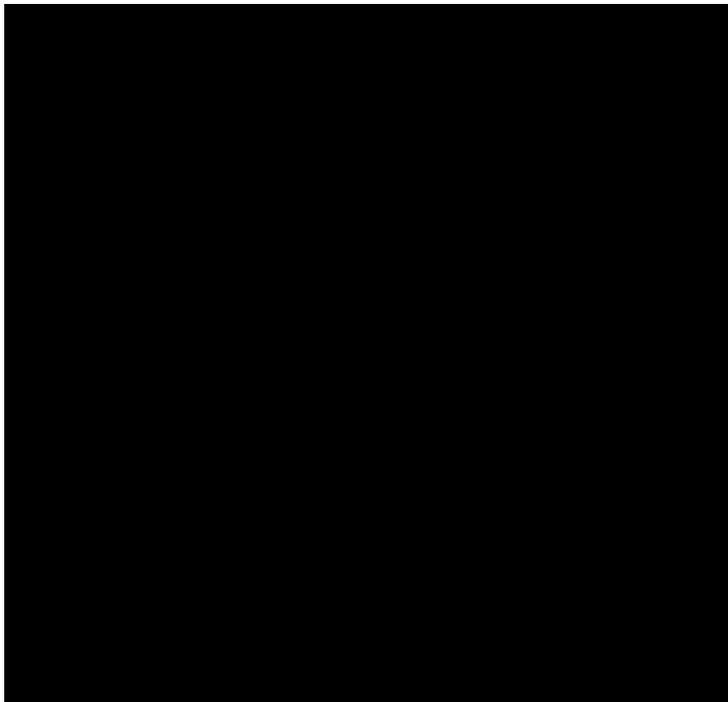


Abb. 2: Aus den Daten der beiden GRAIL-Satelliten konnte ein hochauflösendes Schwerefeldmodell des Mondes berechnet werden (NASA/JPL-Caltech).

Erdnaher Weltraum

Die Physik des erdnahen Weltraums befasst sich mit der Wechselwirkung des Sonnenwindes mit dem Erdmagnetfeld. Die dabei auftretenden Strukturen wie die Schockfront, an welcher der überschallschnelle Sonnenwind abgebremst wird, die Magnetosheath als Übergangsschicht und die durch die Magnetopause begrenzte Magnetosphäre, in der das Erdmagnetfeld dominiert, sind Magnetoplasmen. Das heißt, geladene Teilchen sowie elektrische und magnetische Felder beherrschen das physikalische Geschehen.

Sichtbares Zeichen der Wechselwirkung zwischen Erdmagnetfeld und Sonnenwind und der daraus resultierenden Dynamik in der Erdmagnetosphäre ist das Polarlicht. Hier kollidieren Elektronen mit den Teilchen der hohen Atmosphäre und regen sie zur Emission von elektromagnetischen Wellen im optischen Bereich an. Weitere messbare Erscheinungen sind Schwankungen der Magnetfeldstärke an der Erdoberfläche, die durch einen in der Magnetosphäre fließenden Ringstrom verursacht werden.

Das Verständnis der solar-terrestrischen Beziehungen, oft auch unter dem Begriff Weltraumwetter (Space Weather, Abb. 3) erfasst, ist ein an Bedeutung gewinnender Forschungsbereich. Denn sowohl geostationäre Satelliten als auch Kommunikationssysteme und Energieversorgungsnetze in polarnahen Gebieten können durch Sonnenwindstürme gefährdet werden.

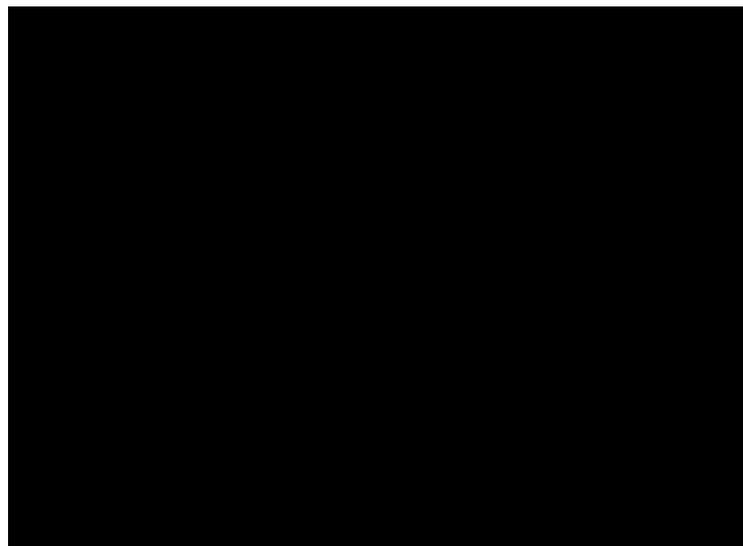


Abb. 3: Koronale Eruptionen der Sonne stören das Erdmagnetfeld (NASA).

Seit jeher spielen experimentelle Messungen und deren Auswertung in der Beschreibung von physikalischen Problemen die wesentliche Rolle. Um diese Größen zu erhalten, benötigt man Raumsonden bzw. Satelliten. Bei den derzeitigen Missionen, an denen das IWF beteiligt ist (z.B. Cluster, MMS, THEMIS) handelt es sich sogar um „Satellitenflotten“, die eine mögliche Trennung von zeitlichen und räumlichen Variationen der sehr dynamischen Erdmagnetosphäre und damit ganz neue Einblicke in die Physik von Weltraumplasmen ermöglichen.

Die vier Cluster-Satelliten der ESA zur Erforschung der Magnetosphäre der Erde wurden 2000 gestartet und liefern seither neuartige Messergebnisse gleichzeitig an vier benachbarten Punkten im Raum. Die Nutzlast jedes einzelnen Satelliten besteht aus elf wissenschaftlichen Instrumenten zur Messung der magnetischen und elektrischen Felder und der elektrisch geladenen Teilchen in allen wichtigen Energiebereichen. Das IWF ist mit drei wissenschaftlichen Messgeräten an dieser Mission beteiligt: Ein Instrument regelt die elektrische Aufladung des Satelliten, eines misst das Erdmagnetfeld und das dritte dient der Messung des elektrischen Feldes. Außerdem ist das IWF Co-Investigator bei Instrumenten zur Messung von Elektronen- und Ionenspektren und betreibt das „Austrian Cluster Data Center“, den österreichischen Teil des „Cluster Science Data Systems“. Der Schwerpunkt der Auswertung und physikalischen Interpretation der Cluster-Daten am IWF liegt auf der Untersuchung der Dynamik des Schweifes der Erdmagnetosphäre. Hier können aufgrund der Vierpunktmessungen viele Zweideutigkeiten (Unterscheidung zwischen räumlicher und zeitlicher Variation) beseitigt werden.

Die NASA-Mission THEMIS (Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms, Abb. 4) untersucht die kausalen Zusammenhänge in einem der dynamischsten Prozesse in der Erdmagnetosphäre, dem so genannten magnetosphärischen Teilsturm. Fünf Kleinsatelliten erforschen koordiniert verschiedene Regionen der Magnetosphäre. Das IWF ist mit einem Magnetometer beteiligt.

Abb. 4: Die fünf THEMIS-Satelliten erforschen verschiedene Regionen der Erdmagnetosphäre und auch die Entstehung von Polarlichtern (NASA).

Im Rahmen der Mission MMS (Magnetospheric Multi-Scale) der NASA werden vier identisch bestückte Satelliten 3D-Messungen in der Erdmagnetosphäre durchführen. Das IWF wird die wissenschaftlich/technische Leitung bei der Potenzialregelung der Satelliten haben und an den Elektronenstrahlinstrumenten sowie den Magnetometern beteiligt sein. Damit ist das Institut der größte nichtamerikanische Partner bei dieser Mission, die 2015 gestartet wird.

Sonnensystem

Unser Sonnensystem besteht aus acht Planeten, über 100 Monden und Kleinplaneten sowie unzähligen Kometen und Asteroiden, die auf elliptischen Bahnen die Sonne umkreisen. Es ist erfüllt von Magnetfeldern, Strahlung jeder Art und einem steten Strom von geladenen Sonnenwind-Teilchen. Seit Jahrzehnten dringen Raumsonden in diese unerforschten Gebiete vor, um erdgebundene teleskopische Beobachtungen mit Messungen „vor Ort“ zu erweitern und zu verfeinern.

Die Sonne ist als Zentralgestirn unseres Sonnensystems, dem praktisch alle Energie entstammt, von besonderer Bedeutung. Verschiedenste Raumsonden erforschen die Sonne, Licht- und Radiowellen werden auch vom Boden aus intensiv beobachtet und detaillierte theoretische Studien versuchen die Geheimnisse dieses „Quell allen Lebens“ zu entschlüsseln.

Die NASA-Mission STEREO (Solar TERrestrial Relations Observatory), die 2006 gestartet wurde, beobachtet mit zwei Raumsonden erstmals stereoskopisch die Sonne und das gesamte dynamische Geschehen auf der Sonnenoberfläche und in Sonnennähe im optischen und Radiobereich. Das IWF war für die Antennenkalibrierung zuständig (Abb. 5).

Die ESA-Raumsonde Solar Orbiter wird die Sonne aus nächster Nähe erforschen. Auch bei dieser Mission ist das IWF für die Antennenkalibrierung verantwortlich. Zusätzlich baut das Institut den Bordcomputer für das Radiowelleninstrument und ist am Magnetometer beteiligt. Der Start ist für 2017 geplant.

Einer der interessantesten und öffentlichkeitswirksamsten Aspekte der Weltraumforschung ist die Erforschung der Planeten und ihrer Monde. Im Rahmen der vergleichenden Planetenforschung wird die Stellung der Erde im Sonnensystem untersucht, mit dem Ziel, unsere Evolution zu verstehen und mögliche Gefahren der Zukunft (Treibhauseffekt, Eiszeiten, geschwächte Ozonschicht) zu erkennen.

Das IWF war und ist maßgeblich an vielen Missionen zu anderen Planeten beteiligt. Die aktuellen Satellitenmissionen widmen sich der Erforschung der Planeten Venus und Merkur. Bei der ersten europäischen Venusmission ist das IWF an vorderster Front mit dabei. Ziel der Mission Venus Express ist eine umfassende Erforschung der Atmosphäre und Plasmamgebung unseres heißen Nachbarplaneten. Das IWF hat bei dieser Mission die Federführung bei den Magnetfeldmessungen. Eine Rolle, für die das Institut offenbar prädestiniert ist: Bei vier von sechs Raumsonden, die in den letzten 25 Jahren die Venus umkreisten bzw. an ihr vorbei flogen, stammten die Magnetometer aus Graz (Abb. 6).

Abb. 6: Das Venus Express-Magnetometer besteht aus zwei Sensoren, einer Elektronikbox und einem 1 m langen Ausleger aus Kohlefaser (IWF).

Die Mission BepiColombo, die voraussichtlich 2016 zum sonnennächsten Planeten Merkur starten wird, ist ein europäisch-japanisches Gemeinschaftsprojekt. Es ist das erste Mal, dass zwei Raumsonden – Magnetosphärischer (MMO) und Planetarer Orbiter (MPO) – gleichzeitig zu diesem

Planeten fliegen. Der europäische MPO wird die Oberfläche und das Innere des Planeten untersuchen, während der japanische MMO die Magnetosphäre unter die Lupe nehmen wird. Eine besondere Herausforderung stellen die Nähe zur Sonne und die damit verbundenen hohen Temperaturen dar.

Das IWF ist an dem Magnetometer auf der europäischen Sonde und einem Massenspektrometer beteiligt. Bei dem Magnetometer auf dem japanischen Orbiter hat das Institut die Federführung. Im Mittelpunkt der Untersuchungen werden das von der amerikanischen Mariner-Sonde überraschend entdeckte planetare Magnetfeld und dessen dynamische Wechselwirkung mit dem dort noch sehr starken Sonnenwind stehen.

Kometen sind kleine Körper des Sonnensystems, die aus verschiedenen Arten von Mineralien, organischen Stoffen und Eis bestehen. Das Material in ihrem Inneren ist noch sehr ähnlich jener Urmaterie, aus der vor 4,5 Milliarden Jahren die Planeten unseres Sonnensystems entstanden sind. Wenn sich ein Komet der Sonne nähert, erwärmt er sich und emittiert Gas und Staub, was zu den spektakulären Kometenschweif führt.

Die Erforschung dieser Himmelskörper mittels Raumsonden hat eine relativ junge Geschichte. Erstmals wurde ein Kometenkern (Komet Halley) 1986 bei den Missionen Vega 1/2 und Giotto aus der Nähe fotografiert und vermessen. Zu beiden Missionen lieferte das IWF maßgebliche Beiträge.

Die ESA-Sonde Rosetta wurde im März 2004 gestartet und auf ihre zehnjährige Reise zum Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko geschickt. Nach dem Rendezvous im Jahre 2014 wird der Rosetta-Orbiter den Kometen zwei Jahre lang umkreisen und erstmals eine Landeeinheit auf dem Kometenkern absetzen (Abb. 7).

Unter der Leitung des IWF wurde ein Rasterkraftmikroskop entwickelt, das Staubteilchen aus der Koma des Kometen sammeln und mit einer Genauigkeit von einigen millionstel Millimetern abtasten kann.

Abb. 7:
Der Rosetta-Orbiter beim Absetzen der Landeeinheit Philae (ESA-C. Carreau/ATG medialab).

Das IWF ist aber auch an weiteren vier Instrumenten beteiligt: einem Massenspektrometer, das bestimmt, aus welchen Elementen sich der Staub zusammensetzt; an je einem Magnetfeldmessgerät auf dem Orbiter und Lander, die die Entstehung des Kometenschweifs und die innere Struktur

des Kometenkerns erforschen und schließlich an einem Instrument, das der „in-situ“-Messung der Temperaturleitfähigkeit und Festigkeit der Kometenoberfläche dient. Bei dem letztgenannten Instrument hat das IWF am Anker-System für die Landeeinheit mitgearbeitet.

Exoplaneten

Neben der Erforschung unseres Sonnensystems ist das IWF auch an der Suche und Charakterisierung von extrasolaren Planeten beteiligt. Für das französische Weltraumteleskop COROT hat das IWF einen Rechner zur Auswahl der wissenschaftlich relevanten Bildinformationen entwickelt und gebaut. Basierend auf diesen Erfahrungen baut das IWF nun einen der beiden zentralen Bordcomputer für CHEOPS (CHaracterizing ExOPlanets Satellite, Abb. 8).

CHEOPS soll aus 800 km Höhe dreieinhalb Jahre lang etwa 500 helle Sterne beobachten und ihre Planeten charakterisieren. Mithilfe der Transitmethode wird das Teleskop von CHEOPS die Abdunkelung eines Sterns durch den Schatten eines Planeten messen. Aus der Abnahme der Helligkeit lässt sich der Durchmesser des Planeten ableiten. Mit der Radialgeschwindigkeitsmethode kann man die Masse des Planeten berechnen. Zusammen genommen, kann man so die Dichte eines Planeten und somit auch weitere Eigenschaften bestimmen - etwa, ob der Planet aus Fels, Eis oder Gas besteht. Der Start von CHEOPS ist für 2017 geplant.

Technik

Das IWF verdankt sein hohes Ansehen zu einem großen Teil den technologisch anspruchsvollen Instrumenten, die seit den 80er Jahren für zahlreiche Weltraummissionen entwickelt und gebaut wurden. Bei den Ausschreibungen solcher Missionen durch ESA, NASA und andere Organisationen hat das IWF viele Male den Zuschlag bekommen. Derzeit ist das IWF mit mehreren Dutzend Instrumenten an sechzehn Missionen beteiligt.

Die Entwicklung eines Instruments beginnt mit dem Bau eines Labormodells zur Überprüfung des technischen Konzepts. Danach wird das so genannte „Engineering Model“ entwickelt, das die wichtigsten Randbedingungen – wie Abmessungen, Gewicht und Stromverbrauch – erfüllt.

Instrumente an Bord von Raumsonden müssen unter extremen Verhältnissen viele Jahre zuverlässig funktionieren. Ein eigens entwickeltes „Qualification Model“ wird unter simulierten Weltraumbedingungen – hohe und tiefe Temperaturen, energiereiche Strahlung, Vakuum – auf Herz und Nieren geprüft. Das IWF verfügt zu diesem Zweck über mehrere Vakuumkammern und Temperaturtestanlagen.

Nach all diesen Vorarbeiten entsteht schließlich das eigentliche Flugmodell, das nach erfolgreicher Absolvierung aller Tests und Qualitätskontrollen in die Raumsonde integriert wird (Abb. 9).



Abb. 9: Im Reinraum werden Flugeinheiten für Weltraumexperimente integriert und überprüft (IWF).

Lehre & Public Outreach

Neben seinen Forschungsaktivitäten ist das IWF auch in der Lehre tätig, insbesondere für das Masterstudium „Space Sciences and Earth from Space“ der NAWI Graz. In Zusammenarbeit mit Uni und TU Graz erhalten darüber hinaus Studierende die Möglichkeit im Rahmen ihrer Diplomarbeit bzw. Dissertation an aktuellen internationalen Forschungsprojekten mitzuarbeiten. Schülerinnen und Schüler können berufspraktische Tage am IWF absolvieren und sich um Ferialpraktika bewerben, die von der FFG gefördert werden. Das IWF öffnet auch gerne seine Türen für Veranstaltungen wie die Lange Nacht der Forschung (Abb. 10) und bietet Vorträge und Laborführungen für Schülergruppen an. Der Kontakt zum Forschernachwuchs ist dem Institut sehr wichtig. Wenn es gelingt, Kinder und Jugendliche nachhaltig zu begeistern, werden sie vielleicht auch eine naturwissenschaftlich-technische Laufbahn einschlagen.



Abb. 10: Die Faszination des Weltraums wird bei Laborführungen an junge Menschen weitergegeben (IWF/A. Scherr).

Der Kometenjäger Rosetta

Günter Kargl

Am 2. März 2004 trat die europäische Raumsonde Rosetta ihren mehr als zehnjährigen Flug zum Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko an, um erstmals einen Kometenkern direkt und über lange Zeit zu untersuchen und so neue Erkenntnisse über den Ursprung unseres Sonnensystems zu erlangen. Rosetta hat im August 2014 600 Millionen km von der Sonne entfernt sein Rendez-vous mit dem Kometen begonnen, als dieser noch ein kaltes, inaktives, kleines Objekt war und noch keinen Schweif entwickelt hat. Danach Seit her begleitet Rosetta den Kometen aus nächster Nähe als Satellit und soll beobachten, wie sich seine Eigenschaften mit zunehmender Annäherung an die Sonne verändern, wie er aktiv wird und langsam einen immer größer werdenden Schweif ausbildet. Ein erster Höhepunkt wird am 12. November 2014 das weiche Absetzen der Landesonde Philae auf der Oberfläche des Kometen sein.

Das Institut für Weltraumforschung (IWF) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) ist an fünf Instrumenten an Bord von Rosetta beteiligt. Unter der Federführung des IWF wurde das Rasterkraftmikroskop MIDAS entwickelt, ein Gerät zur Mikroanalyse der Textur und Größe der festen Kometenstaubteilchen. Das IWF ist aber auch an dem Massenspektrometer COSIMA, den Magnetfeldmessgeräten ROMAP und RPC-MAG und dem Instrument MUPUS zur physikalischen Untersuchung der Kometenoberfläche beteiligt.

Das Rasterkraftmikroskop MIDAS an Bord des Orbiters wird Kometenstaub sammeln und mit einer Genauigkeit von einigen Nanometern abtasten. Man erwartet sich dadurch Aufschluss über die physikalischen Eigenschaften des Kometen. Dazu sollen die Entwicklung der Kometenaktivität im Verlauf der Annäherung an die Sonne sowie die Wechselwirkungen zwischen Staub, Gas und Plasma in der Umgebung des Kometen sollen untersucht werden.

Neben MIDAS wird ein weiteres Instrument an Bord des Orbiters den Kometenstaub genau unter die Lupe nehmen: COSIMA dient der chemischen und Isotopenanalyse von Staubteilchen, die aus der Koma des Kometen aufgefangen werden. Es besteht aus dem Staubsammler und Probenmanipulator, einem Lichtmikroskop, der Primärionenquelle und dem Massenspektrometer mit seiner Ionenoptik und dem Ionendetektor. COSIMA wurde unter der Federführung des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik entwickelt. Das IWF ist an der Hardware mit Elektronik für das Primärstrahlensystem beteiligt.

Dr. Günter Kargl forscht am Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. E-Mail: guenter.kargl@oeaw.ac.at. Der Beitrag wurde von der Redaktion aktualisiert.

RPC-MAG wird Magnetfelder in der Umgebung des Kometen bestimmen und erstmals Langzeituntersuchungen eines Kometenschweifs in situ (vor Ort) durchführen. ROMAP dient u.a. der Messung des Magnetfeldes auf der Oberfläche des Kometenkerns. Beide Instrumente entstanden unter der Leitung der TU Braunschweig. Das IWF hat die Datenerfassungseinheit für RPC-MAG und eine integrierte Kontrolleinheit für ROMAP beigesteuert sowie eine spezielle Testsoftware für beide Instrumente entwickelt.

MUPUS dient der Messung wichtiger Materialparameter der Kometenoberfläche wie Festigkeit, Temperatur und Wärmeleitfähigkeit. Es besteht aus einem Penetrator mit Temperatursensoren, einem Infrarotsensor und einem Anker-Beschleunigungsmesser, bei dem je ein Sensor in beiden Anker-Harpunen installiert ist, um die Verzögerung des Anker-Projektils beim Eindringen in den Boden zu messen. Dies erlaubt Rückschlüsse auf die Bodenbeschaffenheit.

MUPUS wurde unter der Leitung des DLR Institutes für Planetenforschung entwickelt. Das IWF lieferte die Anker-Beschleunigungsmesser und arbeitete am Ankersystem für den Lander mit.

Die folgenden Informationen sind der Projekt-Homepage entnommen:

Der Rosetta-Orbiter

Während des mehr als einjährigen Begleitflugs des Rosetta-Orbiters (Abb. 1) um den Kometenkern in Sonnennähe (August 2014 bis Dezember 2015) sollen 11 Instrumente Messungen vornehmen:

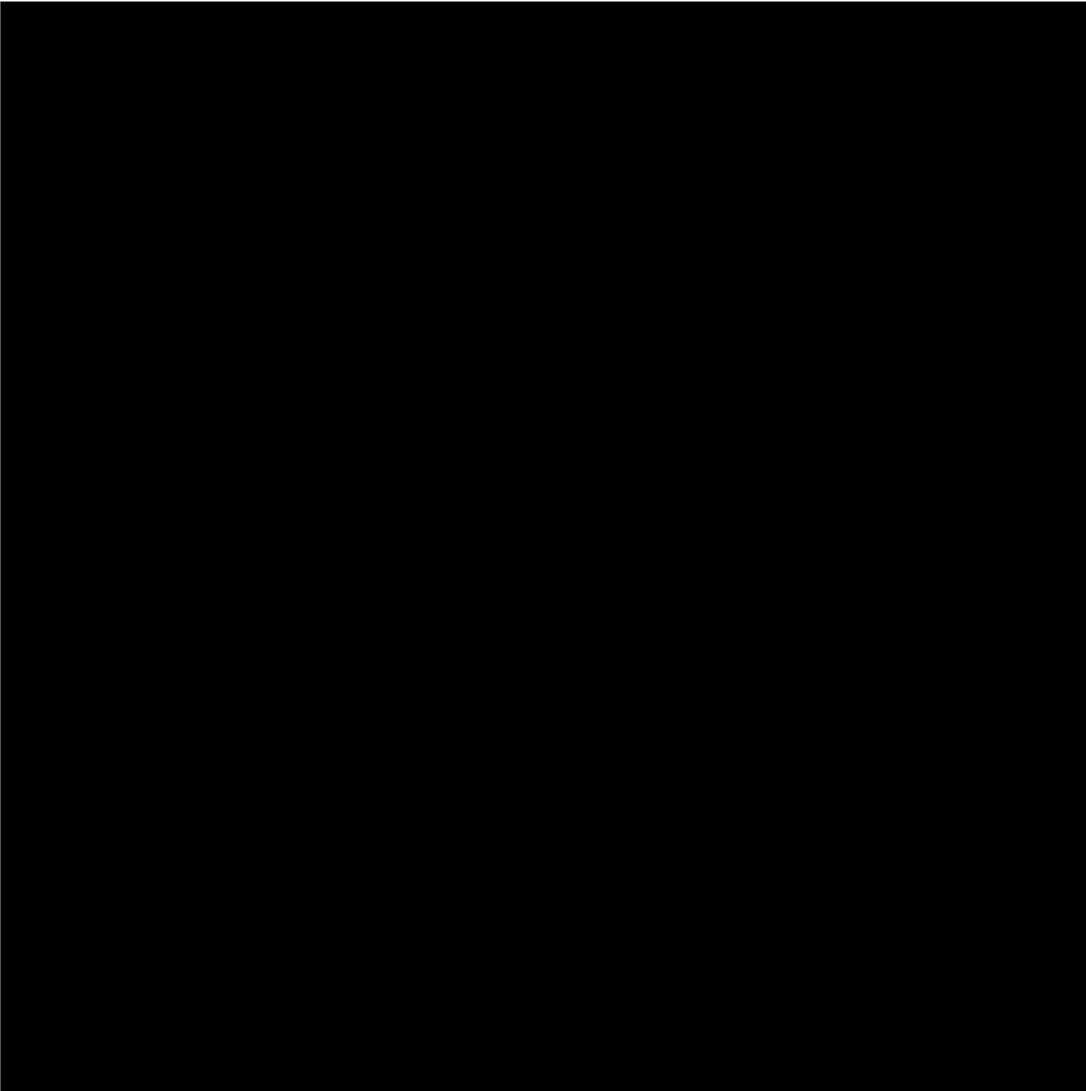
Alice: Ultraviolet Imaging Spectrometer – (characterising the composition of the comet nucleus and coma)

CONSERT: Comet Nucleus Sounding Experiment by Radio wave Transmission (studying the internal structure of the comet with lander Philae)

COSIMA: Cometary Secondary Ion Mass Analyser (studying the composition of the dust in the comet's coma)

GIADA: Grain Impact Analyser and Dust Accumulator (measuring the number, mass, momentum and velocity distribution of dust grains in the near-comet environment)

MIDAS: Micro-Imaging Dust Analysis System (studying the dust environment of the comet)



MIRO: Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter (investigating the nature of the cometary nucleus, outgassing from the nucleus and development of the coma)

OSIRIS: Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System Camera (a dual camera imaging system consisting of a narrow angle (NAC) and wide angle camera (WAC) and operating in the visible, near infrared and near ultraviolet wavelength range)

ROSINA: Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis (determining the composition of the comet's atmosphere and ionosphere, and measuring the temperature, velocity and density of the gas flow, comprising: DFMS (Double-focusing mass spectrometer), RTOF (Reflectron Time-Of-Flight mass spectrometer) and COPS (Comet Pressure Sensor))

RPC: Rosetta Plasma Consortium (studying the plasma environment of the comet, comprising: ICA (Ion Composition Analyser), IES (Ion and Electron Sensor), LAP (Langmuir Probe), MAG (Fluxgate Magnetometer), MIP (Mutual Impedance Probe), PIU (Plasma Interface Unit))

RSI: Radio Science Investigation (tracking the motion of the spacecraft to infer details of the comet environment and nucleus)

VIRTIS: Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer (studying the nature of the comet nucleus and the gases in the coma)

Die Landefähre Philae

Die Landefähre Philae (Abb. 2) soll sich am 12. November 2014 vom Orbiter lösen, zum Kometenkern absteigen und sich dort verankern. Der Abstieg aus 22,5 km Höhe soll 7,5 Stunden dauern.

10 Instrumente werden während des Abstiegs und am Boden aktiv sein, bis nach einigen Tagen die Batterien erschöpft sind.

APXS: Alpha Proton X-ray Spectrometer (studying the chemical composition of the landing site and its potential alteration during the comet's approach to the Sun)

CIVA: Comet Nucleus Infrared and Visible Analyser (six cameras to take panoramic pictures of the comet surface)

CONSERT: COmet Nucleus Sounding Experiment by Radio-wave Transmission (studying the internal structure of the comet nucleus with Rosetta orbiter)

COSAC: The COmetary SAmping and Composition (detecting and identifying complex organic molecules)

PTOLEMY: Using MODULUS protocol (Methods Of Determining and Understanding Light elements from Unequivocal Stable isotope compositions) to understand the geochemistry of light elements, such as hydrogen, carbon, nitrogen and oxygen

MUPUS: MUlti-PURpose Sensors for Surface and Sub-Surface Science (studying the properties of the comet surface and immediate sub-surface)

ROLIS: Rosetta Lander Imaging System (providing the first close-up images of the landing site)

ROMAP: Rosetta Lander Magnetometer and Plasma Monitor (studying the magnetic field and plasma environment of the comet)

SD2: Sampling, drilling and distribution subsystem (drilling up to 23 cm depth and delivering material to onboard instruments for analysis)

SESAME: Surface Electric Sounding and Acoustic Monitoring Experiment (probing the mechanical and electrical parameters of the comet), comprising: CASSE (Comet Acoustic Surface Sounding Experiment), DIM (Dust Impact Monitor), and PP (Permittivity Probe).

Der Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko

Der Komet 67P (Abb. 3) wurde von den ukrainischen Astronomen Klim Churyumov und Svetlana Gerasimenko im Jahr 1969 entdeckt. Mit einer Umlaufzeit von 6,45 Jahren gehört er zu den zahlreichen kurzperiodischen Kometen, die Jupiter in Sonnennähe sozusagen festhält. Seine Gestalt ähnelt einer Hantel, 5 km lang und 3 km breit. Die Oberfläche ist intensiv schwarz. Es ist eine offene Frage, wieviel Gesteinsbrocken dieser „schmutzige Schneeball“ enthält, wie kompakt er ist, usw. Der Rosetta-Orbiter soll den Kometen auf seiner Reise um die Sonne beobachten und analysieren, welche Stoffe aus dem aufgeheizten Kometen entweichen. Direkte Untersuchungen der Oberfläche werden durch die Instrumente der Landefähre Philae vorgenommen.

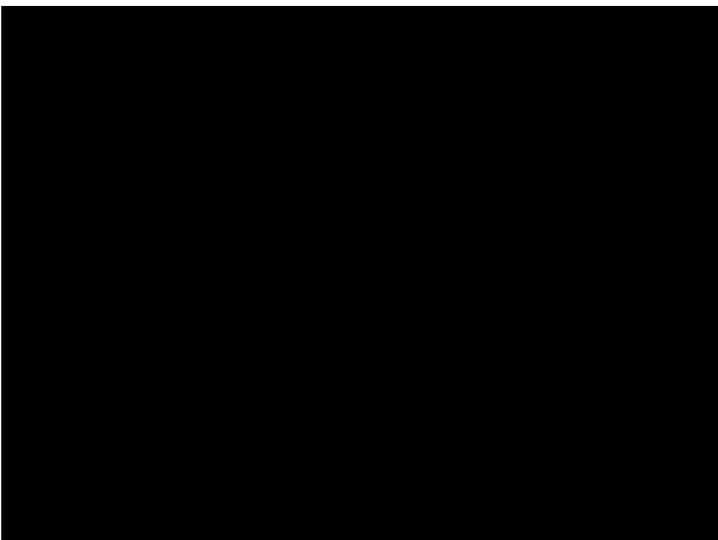
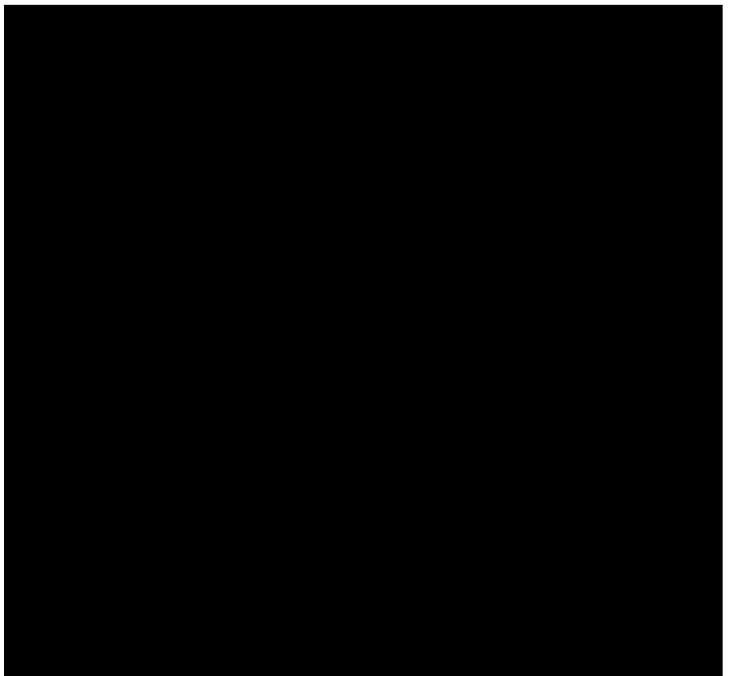


Abb. 3: Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko in einer Aufnahme mit der OSIRIS-Kamera am 3. 8. 2014 aus einer Distanz von 285 km (Bild: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA) (<http://sci.esa.int/jump.cfm?oid=54472>)



Weitere Informationen

<http://sci.esa.int/rosetta/>
http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Austria
https://util1.estec.esa.int/rosetta/where_is_rosetta/
<http://sci.esa.int/rosetta/14615-comet-67p/>
<http://www.iwf.oeaw.ac.at/de/forschung/sonnensystem/kometenasteroiden/rosetta/>

Astrophysik an der Karl-Franzens-Universität Graz

Arnold Hanslmeier

Von der Physik des nächsten Sterns, der Sonne, zu Exoplaneten, jungen Sternen mit Akkretionsscheiben bis hin zur Dunklen Materie erstreckt sich gegenwärtig das breite Spektrum der astrophysikalischen Forschung an der Karl-Franzens Universität in Graz.

Geschichte

Heute ist die Astrophysik in das Institut für Physik eingegliedert, das hat sich in den letzten Jahren mehrmals geändert. Begonnen hat es mit einem eigenständigen Institut für Astronomie. Es gab als Vorstand einen ordentlichen Professor sowie Assistenten, die sich habilitieren konnten und somit ebenfalls eigenständige wissenschaftliche Forschung betrieben. Spezialisiert war man in Graz schon länger auf das Sonnensystem. Die Sonne wurde nach dem Zweiten Weltkrieg in dem angegliederten Sonnenobservatorium Kanzelhöhe erforscht, in Graz widmete man sich zunächst der Himmelsmechanik sowie der Untersuchung der kleinen Planeten. Im Bereich der Kleinplanetenforschung ist es früh gelungen, Beobachtungszeiten an internationalen Observatorien zu erhalten, so am Observatoire de Haute Provence sowie an Teleskopen der ESO – obwohl keine Mitgliedschaft zur ESO seitens Österreich bestand. Die Kleinplanetenforschung bestand vor allem in der Untersuchung der Lichtkurven dieser Objekte, da sich deren Helligkeit wegen ihrer von einer Kugelgestalt abweichenden Form infolge ihrer Rotation ändert. Im Bereich der Himmelsmechanik wurden Untersuchungen der Stabilität von Planetenbahnen sowie neu entwickelte Verfahren zur rascheren Berechnung von Planetenbahnen gemacht. Der Autor hat selbst an solchen Programmen mitgearbeitet und erinnert sich noch, als er vom Leiter des Uni-Rechenzentrums aufmerksam gemacht wurde, dass die verwendeten Rechenprogramme bereits 2 kByte am Speicher verbrauchen!

Mit der Emeritierung von Univ.-Prof. Haupt und weiteren personellen Änderungen fand unter Univ.-Prof. Hanslmeier eine Konzentration auf die Sonnenphysik statt sowie eine starke Internationalisierung der Kanzelhöhe. Hanslmeier leitete das Institut für Astronomie von 1994 bis 1999 als es mit dem Institut für Meteorologie und Geophysik unter dem Namen IGAM fusionierte. Seit 2004 ist das IGAM (Institutsbereich Geophysik-Astrophysik und Meteorologie) Teil des Instituts für Physik und die Kanzelhöhe wurde

ausgegliedert als Institut, welches unter der Leitung von Assoz. Prof. Veronig direkt dem Dekanat untersteht.

Ein wichtiges Datum war der Beitritt Österreichs zur ESO im Jahre 2007. Wegen der hohen Mitgliedsbeiträge sollten auch in Graz ESO-Aktivitäten betrieben werden, nach langem Ringen gelang es entsprechende Stellen zu bekommen. Damit werden neben der reinen Sonnenphysik, die in Graz und auf der Kanzelhöhe mit größtem Engagement und international sehr gut vernetzt durchgeführt wird, auch andere Forschungsfelder der modernen Astrophysik wie Exoplaneten-Sternentstehung und dunkle Materie behandelt. Dies ist wichtig, um den Studierenden auch eine breite Basis an forschungsnaher Grundausbildung mitzugeben.

Astrophysik ist zu einem beliebten Thema für Bachelor- und Masterarbeiten geworden.

Sonnenphysik

Die Erforschung unserer Sonne ist einerseits für uns auf der Erde von großer Bedeutung, andererseits ist die Sonne der einzige Stern, der wegen seiner Nähe Detailbeobachtungen ermöglicht. Folgende Bereiche der Sonnenphysik werden in Graz untersucht.

Dynamik der Photosphäre der Sonne

Die Sonne ist eine Gaskugel, nahezu 90% der gesamten Sonnenstrahlung stammt aus einer nur etwa 400 km dicken Schicht, der Photosphäre. Die Photosphäre ist nicht homogen: man beobachtet Sonnenflecken, die Granulation als zellförmiges Muster und andere Phänomene. Wir interessieren uns vor allem für die ruhige Sonne, also ohne Sonnenflecken, und stellen uns die Frage, wie die Energie an die Oberfläche der Sonne transportiert wird, ob dieser Energiebetrag sich mit dem 11-jährigen Sonnenzyklus ändert und was zur Aufheizung der oberhalb der 6000 K heißen Photosphäre liegenden Chromosphäre führt, wo die Temperatur auf mehrere 10000 K ansteigt. Die etwa 1000 km großen Zellen nennt man Granulen. Dort strömt die Materie nach oben, kühlt sich ab und sinkt in den dunklen intergranularen Bereichen nach unten. Da die Granulen sehr klein sind, benötigt man Teleskope mit einer hohen räumlichen Auflösung (Abb. 1).

Durch exzellente Kontakte haben wir Zugang zu den leistungsfähigsten Sonnentelaskopen auf den Kanarischen

Univ.-Prof. Dr. Arnold Hanslmeier, Institut für Physik, Karl-Franzens-Universität Graz. E-Mail: arnold.hanslmeier@uni-graz.at

Inseln, VTT, Gregor und auch zu Satellitendaten (Hinode, SOHO, SDO). Zur physikalischen Interpretation der Beobachtungen vergleicht man sie mit Simulationsrechnungen – im Wesentlichen Magnetohydrodynamik, da in der Photosphäre das Magnetfeld durch Plasmabewegungen beeinflusst wird. Neben Aufnahmen der Sonne in verschiedenen Wellenlängenbereichen werden auch spektropolarimetrische Daten verwendet, welche Aufschlüsse über Magnetfelder geben und durch ein Scannen entlang der Wellenlänge quasi eine Tomographie der Sonnenphotosphäre erlauben. Die tieferen Teile einer Spektrallinie entstehen in höheren Schichten als das nahe Kontinuum.

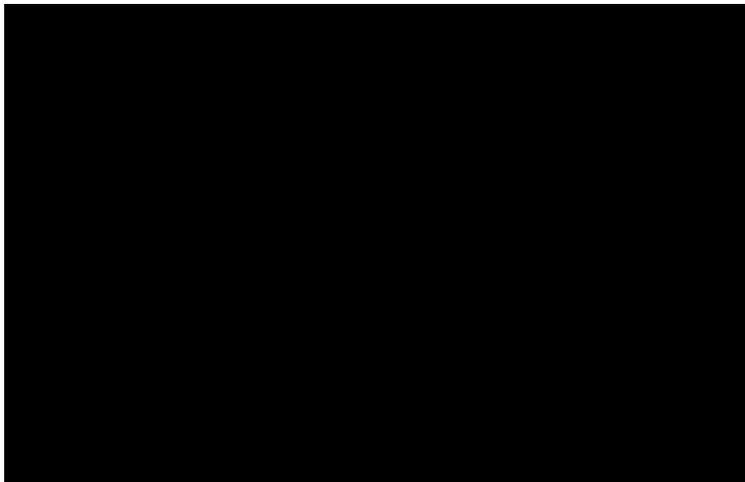


Abb. 1: Sonnenfleck und zellförmige Granulation auf der Sonnenoberfläche. Der Durchmesser der kleinen Zellen beträgt etwa 1000 km. (Aufnahme: SDO/NASA)

Flares und Spaceweather

Die Einflüsse der Sonne auf die Physik der Erde und des erdnahen Weltraumes werden als Weltraumwetter, Space Weather, bezeichnet. Besonders wichtig sind in diesem Zusammenhang die Auswirkungen bei einem Flareausbruch in der Chromosphäre bzw. der darüber liegenden Korona der Sonne. Innerhalb einiger Minuten werden dabei Energien von mehreren Millionen Wasserstoffbomben freigesetzt. Die Ursache ist die Verschmelzung anfangs gegenläufiger Magnetfeldlinien, ein Prozess, der als magnetische Rekonnexion bekannt ist. In der hohen Korona der Sonne kommt es durch ähnliche Prozesse zu koronalen Masseausbrüchen, CMEs. Beide Vorgänge sind wichtig für das Weltraumwetter. Dazu kommt noch der Sonnenwind, ein Strom geladener Teilchen von der Sonne. Die Häufigkeit und Intensität schwankt mit dem 11-jährigen Aktivitätszyklus der Sonne. Durch die Einbindung in internationale Projekte – oftmals von der Europäischen Union finanziert – haben wir Zugang zu den aktuellsten Satellitendaten und können Flares und CMEs in unterschiedlichen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums verfolgen, von der harten extrem kurzwelligen Röntgenstrahlung zur UV-Strahlung bis hin zu Radiobeobachtungen. Die energiereichsten Teilchen und Prozesse beobachtet man dabei im Röntgenbereich, die Radiostrahlung entsteht durch die Bewegung geladener Teilchen entlang Magnetfeldlinien (Synchrotronstrahlung).

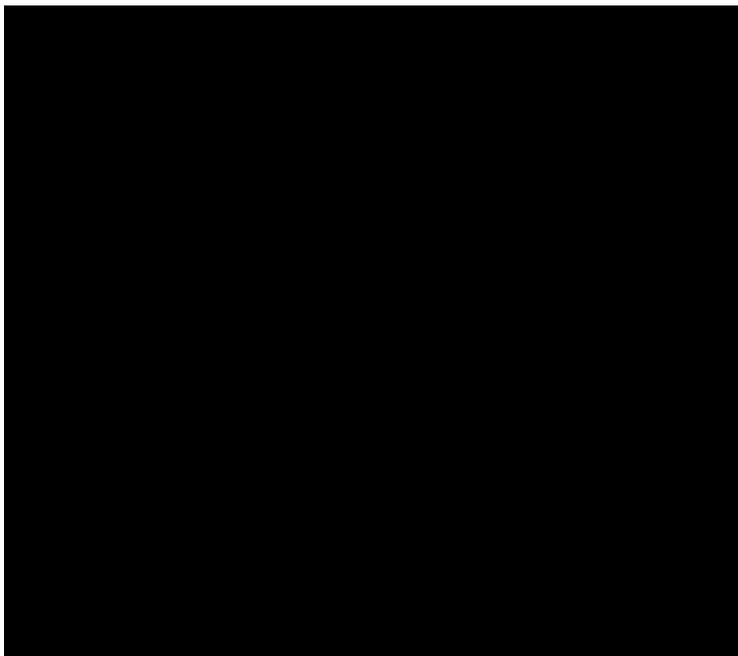


Abb. 2: Sonne. (Aufnahme: Kanzelhöhe)

Sonnenobservatorium Kanzelhöhe

Etwa 200 km westlich von Graz nahe Villach liegt Österreichs einziges Sonnenobservatorium, das auch Messungen im Umweltbereich durchführt. Die Instrumente erlauben ein Monitoring der Sonne (Abb. 2) und die Daten werden in Echtzeit an internationale Zentren weitergegeben, um Warnungen vor starken Sonnenausbrüchen zu ermöglichen. Hierzu ist eine weltweite Überwachung der Sonnenaktivität nötig und die Daten der Kanzelhöhe sind von sehr guter Qualität. Neben der einfachen Zählung der Sonnenflecken wird die Sonne im Bereich der Chromosphäre überwacht durch Aufnahmen im Licht der Wasserstofflinie H-Alpha. Die Aktivitäten werden durch EU-Projekte und Projekte der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA unterstützt. Die öffentlich zugänglichen Datenarchive dienen immer wieder als wertvolle Basis für Untersuchungen. Bodengestützte Beobachtungen sind sehr wichtig für die Überwachung der Sonne, da durch Satellitenmissionen immer wieder Lücken in den Datenreihen auftreten können bzw. es solche Missionen erst seit etwa 30 Jahren gibt.

Astrophysik

Neben der Sonnenphysik haben sich in den letzten Jahren in Graz auch Themen der modernen Astrophysik etabliert.

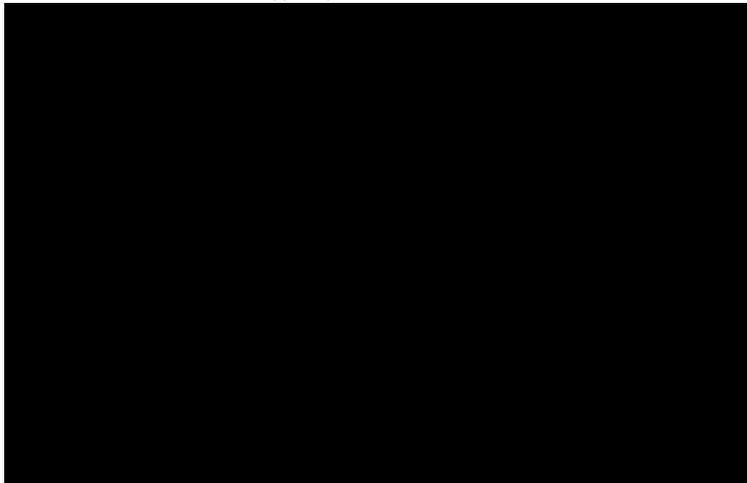
Exoplaneten und sonnenähnliche Sterne

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Weltraumforschung IWF (Gruppe um Priv. Doz. Lammer) werden Exoplaneten untersucht bzw. der Einfluss deren Muttersterne auf Lebensbedingungen. Hier dient unsere Sonne als Muster. Starke Ausbrüche auf der Sonne und das Studium der Auswirkungen der Teilchen und der Strahlung, die dabei

auf die Magnetosphäre bzw. Atmosphäre treffen, wobei geladene Teilchen größtenteils durch die Magnetosphäre der Erde abgeschirmt werden, erlauben Rückschlüsse darauf, was bei Planeten um aktive Sterne zu erwarten ist, wie sich solche Ausbrüche auf die Entwicklung der Planetenatmosphäre auswirken können. Auch die frühe junge Sonne war wesentlich aktiver als heute, an Leuchtkraft besaß sie allerdings nur ca. 70% des heutigen Wertes. Exoplaneten lassen sich durch Transits indirekt feststellen, wenn von uns aus gesehen ein Planet vor seinem Mutterstern vorbeigeht. Dann kommt es zu einem kleinen Helligkeitsabfall des Sternes der messbar ist. Um solche Messungen durchzuführen bedarf es keiner großen Teleskope und so werden Beobachtungen auch mit den kleinen Teleskopen am Observatorium Lustbühl gemacht, welches ebenfalls zum IGAM gehört. Außerdem werden Daten einschlägiger Satellitenmission wie Kepler oder Corot analysiert.

Akkretionsscheiben und junge Sterne

Junge Sterne sind noch umgeben von Gas- und Staubmassen, die teils noch in den Stern selbst hineinströmen oder durch den Sternwind bzw. Strahlungsdruck des Sternes aus dem System herausgeblasen werden (Abb. 3). Diese Vorgänge sind für die Entwicklung der frühen Planeten extrem wichtig. Beobachtungsdaten dazu stammen von den Teleskopen der ESO. Lücken in Akkretionsscheiben lassen sich auf Planeten zurückführen. In diesem Bereich gibt es auch Kooperationen mit anderen österreichischen Instituten in Innsbruck und in Wien.



in einer Staubscheibe bildet. (Bild: ESA/NASA)

Dunkle Materie

Die Existenz der Dunklen Materie folgt aus der Dynamik von Galaxien und Galaxienhaufen. Ein anderer wichtiger Hinweis auf Dunkle Materie kommt aus Langzeitstudien von Quasar-Gravitationslinsen. Quasare sind quasi sternförmige Objekte, die extrem weit von uns entfernt sind. Es handelt sich dabei um sehr aktive Kerne von Galaxien. Immer wieder kommt es vor, dass das Bild eines Quasars durch eine uns nähere Galaxie oder Galaxienhaufen abge-

lenkt wird, wir als Beobachter sehen dann zwei oder noch mehr Abbildungen desselben Quasars. Die Lichtablenkung hängt nur von der Massenverteilung der Galaxie ab und ist oft durch leuchtende Materie alleine nicht erklärbar. So gibt also die Abbildung von Quasaren als Mehrfachobjekte Aufschluss über den Anteil und die Verteilung der Dunklen Materie. Die Beobachtungsdaten stammen von Teleskopen des ENO, European Northern Observatory, Teneriffa und La Palma.

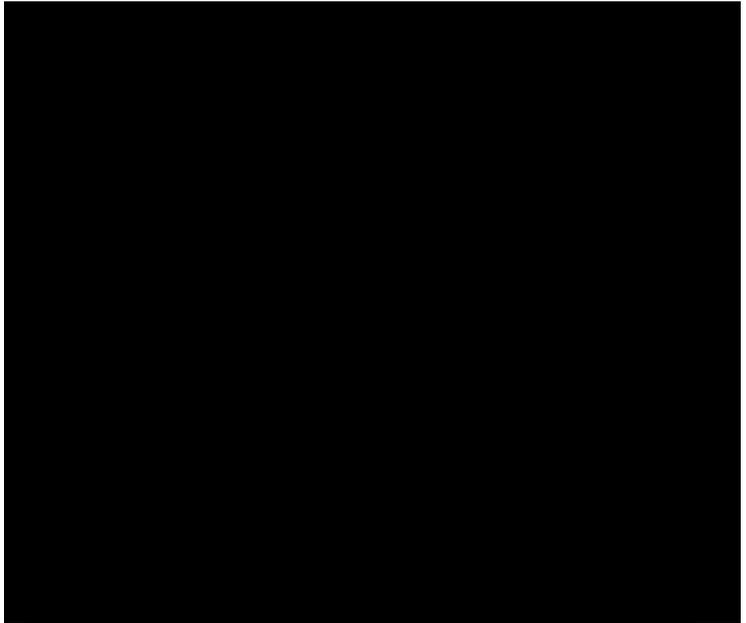


Abb. 4: Galaxienhaufen, der das Licht dahinter gelegener Galaxien durch den Gravitationslinseneffekt ablenkt bzw. verstärkt. (Aufnahme: Hubble Teleskop)

In diesem kurzen Abriss haben wir die Forschungsfelder im Bereich Sonnen-Astrophysik am IGAM vorgestellt. Die Physikstudierenden belegen die Einführung in die Astrophysik, sowie im Masterstudium die Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie. Eine Spezialisierung auf Astrophysik kann im Masterstudium der Physik erfolgen, aber die Absolventen sind dennoch ausgebildete Physiker mit allen Chancen, die sich auf diesem Gebiet ergeben.

Literatur

- Hanslmeier, A., Faszination Astronomie, Springer, 2013
- Hanslmeier, A., Einführung in Astronomie und Astrophysik, Springer, 2014
- Hanslmeier, A., Die Sonne der Stern von dem wir leben, Vehling, 2013

Astrophysik an der Universität Wien

Thomas Posch, Christian Reimers

Astronomische Forschung und Lehre gehen in Wien bis in die zweite Hälfte des 14. Jahrhunderts zurück. 1365, also vor rund 650 Jahren, erfolgte die Gründung der Universität Wien. Mathematik und Naturwissenschaften (freilich noch nicht im heutigen Sinne von „empirischen Wissenschaften“) fanden schon im Spätmittelalter in Wien besondere Aufmerksamkeit. Dies manifestierte sich im Wirken von Gelehrten wie Heinrich von Langenstein, Johannes von Gmunden, Georg von Peurbach und Johannes Regiomontanus.

Die heutige Universitätssternwarte Wien wurde nach zehnjähriger Bauzeit im Jahre 1883 im südlichsten Bereich der sogenannten Türkenschanze eröffnet. Sie beherbergt bis heute Österreichs größte astronomische Forschungs- und Lehrereinrichtung, das Institut für Astrophysik. Ende des 19. Jahrhunderts wurde in Wien dank einer privaten Stiftung zusätzlich die Kuffner-Sternwarte gegründet, die für

einige Jahrzehnte ebenfalls eine bedeutende Forschungseinrichtung darstellte, an der u.a. Karl Schwarzschild wirkte. Heute spielt die Kuffner-Sternwarte eine wichtige Rolle in der Volksbildung.

Einige am Institut für Astrophysik der Universität Wien vertretene Forschungsrichtungen werden im Folgenden etwas detaillierter beschrieben.

Erwähnung verdient die Tatsache, dass über 300 Studierende an der Universität Wien im Fach Astronomie inskribiert sind. Das breit angelegte Lehrangebot in diesem Fach ist ein Unikum in Mitteleuropa.



Abb. 1: Außenansicht der Universitätssternwarte Wien

Priv. Doz. Dr. Thomas Posch, Institut für Astrophysik, Universität Wien & Öffentlichkeitsarbeit der Universitätssternwarte
E-Mail: thomas.posch@univie.ac.at

Dr. Christian Reimers, Institut für Astrophysik, Universität Wien & Arbeitsgruppe A4E der ÖGAA, E-Mail: christian.reimers@univie.ac.at

Entstehung und Entwicklung von Sternen und Planeten

Wie ist unser Sonnensystem entstanden und wie einmalig ist es? Unter diesem Motto beschäftigen sich Wiener Forscher mit den Anfangsbedingungen in Sternentstehungsgebieten und in Molekülwolken. Es geht dabei auch darum, detaillierte Modelle der Atmosphären und der Umgebungen junger Sterne zu erstellen, denn nur um sie können sich Planeten bilden.

Zu den aktuellen Forschungsfragen gehören der Ursprung der stellaren Masseverteilung, die Entstehung von Sternhaufen, chemische Prozesse in protoplanetaren Scheiben sowie der Einfluss hochenergetischer Strahlung auf Sternumgebungen und Planetensysteme. In diesem Kontext wurde auch ein „Nationales Forschungsnetzwerk“ etabliert, das acht Jahre lang vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt wird und das die Entstehung bewohnbarer Planeten zum Rahmenthema hat (siehe dazu <http://path.univie.ac.at>).

Die Natur von Sternschwingungen, der Aufbau von Sternatmosphären und der Massenverlust Roter Riesensterne sind weitere Schwerpunktthemen. Die letztgenannten späten Phasen der Sternentwicklung sind entscheidend, um den

kosmischen Materiekreislauf zu verstehen. Rote Riesen gehören nämlich zu den wichtigsten Quellen schwerer Elemente und mikroskopisch kleiner Festkörper (Staubpartikel) im gesamten Kosmos.

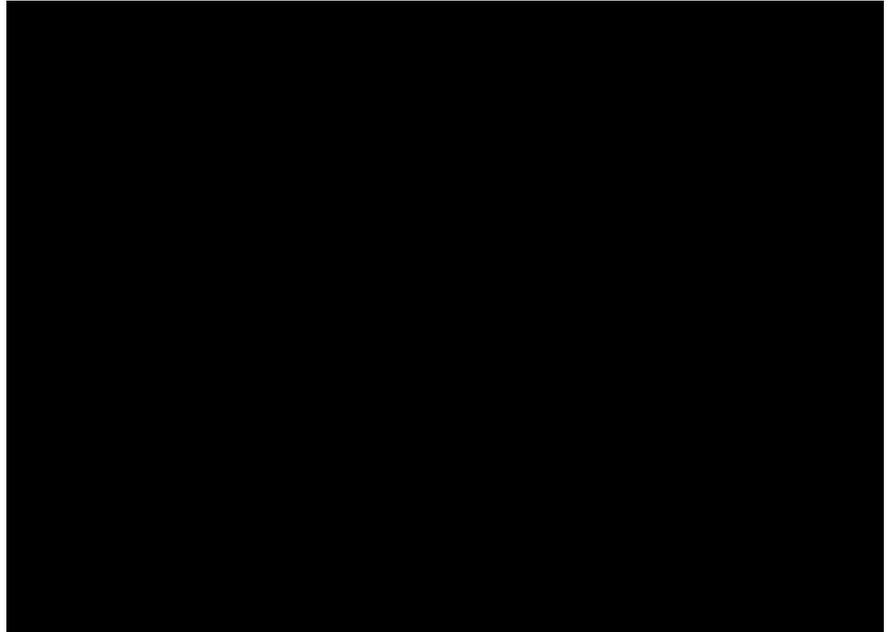


Abb 2: Visualisierung einer protoplanetaren Scheibe

Entstehung und Entwicklung von Galaxien

Im kosmologischen Kontext der Strukturbildung im Universum erforschen Wiener Astrophysiker weiters, wie verschiedene Typen von Galaxien entstehen und wie sie sich entwickeln. Im Mittelpunkt stehen dabei Einflüsse der jeweiligen Umgebungen auf Galaxien, Wechselwirkungen und Um-

wandlungen von Galaxien. Dazu sind Beobachtungen von Galaxien zu möglichst allen kosmogonischen Epochen nötig – vom frühen Universum bis zum heutigen, wie wir es in der Lokalen Gruppe um unsere Milchstraße vor uns haben.

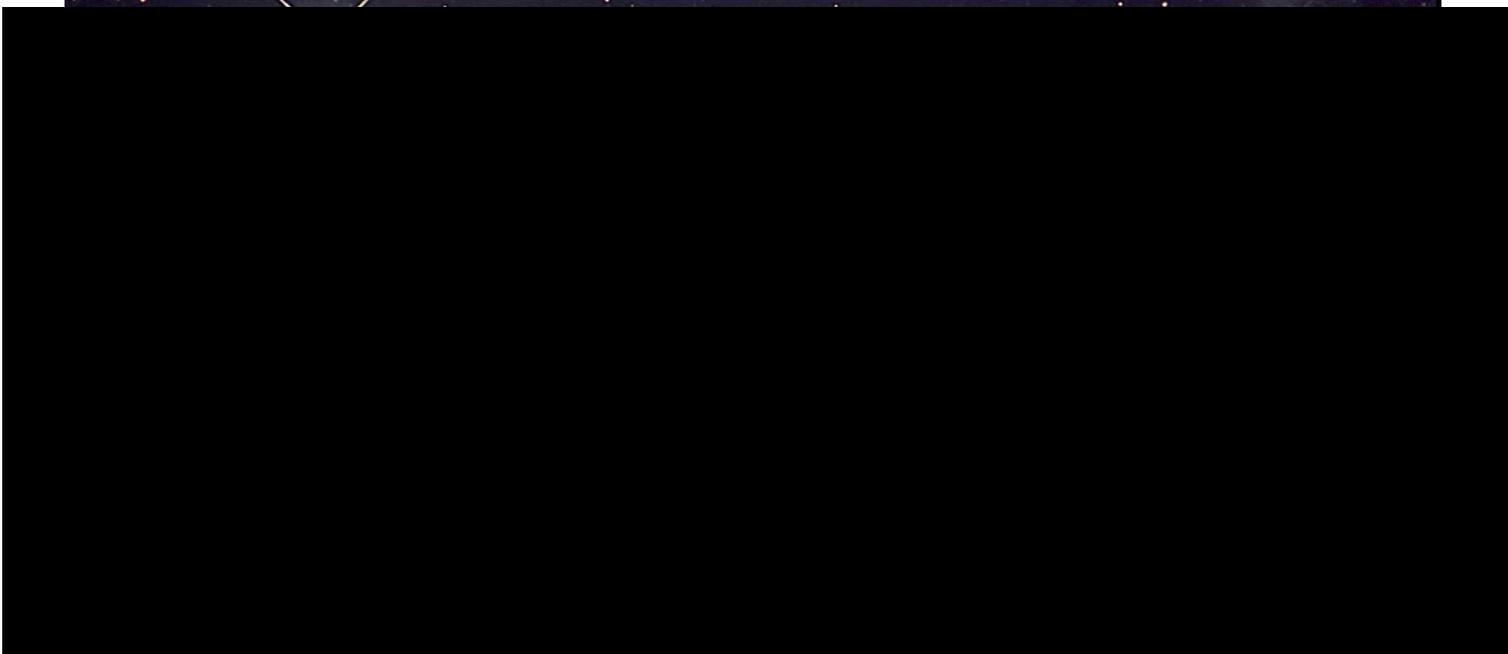


Abb. 3: Wechselwirkende Galaxien – der Antennen-Nebel NGC4038 (Bild: Star Shadows Remote Observatory)

Entwicklung und Betrieb astronomischer Instrumente

Das Institut für Astrophysik entwickelte zusammen mit dem Space Flight Laboratory der Universität Toronto in Kanada und der TU Graz den ersten österreichischen Satelliten (BRITE = Bright Target Explorer), der 2013 die Reise in eine Erdumlaufbahn antrat. (s.a. <http://plus-lucis.univie.ac.at/Plus-Lucis/121/s56.pdf>)

Um Beobachtungszeit an Großteleskopen zu erhalten, ist es wichtig, sich frühzeitig an der Entwicklung neuer Instrumente und zugehöriger Methoden der Datenverarbeitung zu beteiligen. Die Expertise der Wissenschaftler gewährleistet auch den österreichischen Zugang zu Hochtechnologie und Raumfahrt. Dies zeigte sich z.B. in den Jahren ab 2009 anhand der österreichischen Beiträge zur Software für den im Durchmesser 3,5 m großen Infrarotsatelliten Herschel der europäischen Weltraumagentur ESA. Für zukünftige Weltraumteleskope wie den Infrarotsatelliten SPICA oder die Mission

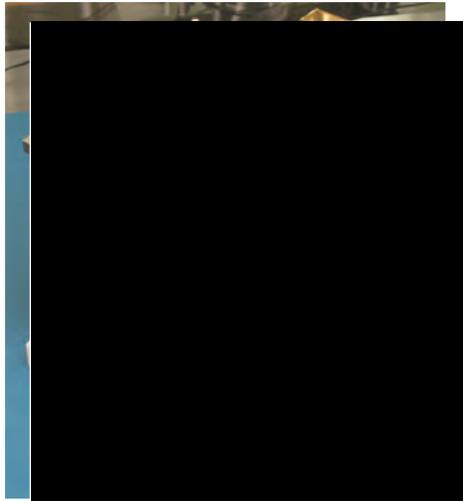


Abb. 4: Satellit UniBRITE

PLATO zur Suche nach erdähnlichen Exoplaneten erfolgen entsprechende Zuarbeiten von Wiener Astrophysikern. Für diese Arbeiten ist allerdings ein langer Atem erforderlich, da erst für die 2020er-Jahre mit dem Betrieb jener Satelliten gerechnet werden kann.

Ähnliches gilt für die österreichische Beteiligung am „Extremely Large Telescope“ (ELT) der Europäischen Südsternwarte (ESO). Dieses 39 m Spiegelteleskop soll wie die übrigen ESO-Teleskope in Chile erbaut werden. Auf einem rund 3000 m hohen Berg in den Anden wurde kürzlich mit den Bauarbeiten begonnen.

Auch in diesem Fall ist erst in etwa 10 Jahren mit einem regulären Betrieb zu rechnen. Trotzdem planen Wiener Forscher als Kooperationspartner fieberhaft jene Instrumente mit, die dem „Riesen-Auge“ ermöglichen sollen, im Infrarotbereich tief ins Weltall zu blicken.

Abb. 5: Das Extremely Large Telescope in 10 Jahren

Besuch der Universitätssternwarte Wien

Besuchen Sie im Rahmen einer kostenlosen öffentlichen Führung die Universitätssternwarte Wien! In diesem Rahmen können Sie die Sternwarte besichtigen und bei klarem Wetter Beobachtungen mit den Teleskopen durchführen. Sie erleben dabei:

- Das größte Linsenteleskop Österreichs
- Das 1874-1880 von Fellner & Helmer erbaute Sternwartegebäude
- Auf Wunsch: Das Museum des Instituts.

Für Gruppen (max. 30 Personen) können Termine für Sonderführungen vereinbart werden. Für Schulklassen ist die Durchführung eines individuellen Programms möglich.

Die Universitätssternwarte liegt im Sternwarteareal, einem 5,5 Hektar großen bewaldeten Gelände in Wien-Währing, welches ein anerkanntes und geschütztes Naturdenkmal ist. Weiterführende Informationen finden Sie unter: <http://astro.univie.ac.at/forschung/>

Das Erbe Keplers

Über Johannes Kepler, die Erhaltung seines Erbes und seinen Beitrag zur Zeitgleichung

Martina Svbić



Abb.1: Analemma über Kitzeck. Dieses Werk von Robert Pölzl fand Aufnahme in die Bildersammlung APOD (Astronomy Picture of the Day der NASA. <http://apod.nasa.gov/apod/ap120922.html>)

Die seltsame „8“ hat mich sofort fasziniert (Abb. 1). Sie ergibt sich, wenn man die Sonne im Laufe eines Jahres immer wieder zur gleichen Tageszeit fotografiert, und wird „Analemma“ genannt. Dies praktisch umzusetzen ist nicht einfach, das erste Analemma für Mitteleuropa wurde erst 2012 vom Steirischen Amateurastronomen Robert Pölzl aufgenommen. Ich wurde als damalige Schülerin des BRG Kepler Graz gefragt, ob ich zur erstmaligen Präsentation dieses Bildes die physikalischen und mathematischen Hintergründe erklären könne. Dem kam ich gerne nach, aus

Martina Svbić hat am BRG Keplerstraße Graz maturiert und studiert derzeit an der Universität Augsburg Sozialwissenschaften. Sie ist Mitglied der Kepler-Gesellschaft. E-Mail: martina.svbic@student.uni-augsburg.de

meinem Beitrag entstand eine Arbeit, die ich beim Kepler-Förderpreis der Kepler-Gesellschaft Weil der Stadt erreichte. Sie wurde im Zuge des genannten Wettbewerbes mit dem 1. Preis ausgezeichnet.

Im Folgenden wird einerseits auf die Historie dieses mathematischen Objekts eingegangen, auf entsprechende Beiträge Johannes Keplers, wie auch auf den physikalischen Hintergrund. Auf Erklärung der zugrundeliegenden Mathematik wird aus Gründen der Übersichtlichkeit an dieser Stelle verzichtet.

Zeitgleichung und Analemma

Astronomie Nova

Eines der wichtigsten und bekanntesten Bücher Johannes Keplers ist die Darstellung und Begründung der „neuen Astronomie“ aus dem Jahre 1609. In dieser Abhandlung lieferte er das Fundament zur Aufstellung der Zeitgleichung. Sein Werk umfasst außerdem Modelle zur Bewegung der Planeten, um deren Positionen zu berechnen. Neben zahlreichen Berechnungen zur Marsbahn, die auf den Daten Tycho Brahes basieren, sind auch die ersten beiden Keplerschen Gesetze enthalten.

Physikalische Erkenntnisse zum Verständnis der Zeitgleichung

Die Zeitgleichung gibt die Differenz zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit an. Diese Differenz ergibt sich daraus, dass die wahre Sonne auf der Ekliptik wandert, während sich die mittlere Sonne mit gleichmäßiger Geschwindigkeit am Himmelsäquator entlang bewegt. Es sind also zwei Faktoren zu betrachten, nämlich die Exzentrizität der Ellipse (Erdbahn) und die Schiefe der Ekliptik.

Die erste Ursache der Zeitgleichung ist also die Exzentrizität der Erdbahn. Die entsprechende Sinusfunktion (Abb. 2) ergibt sich aus den Unterschieden der Winkel der elliptischen und einer erdachten kreisförmigen Erdbahn im Zeitverlauf. Die geniale Idee einer erdachten kreisförmigen Erdbahn geht ebenfalls auf Johannes Kepler zurück.

Jene Erde, die sich auf der Kreisbahn bewegt, nannte er mittlere Erde. Beide Erden starten im Perihel und es ist ent-

weder die mittlere oder die wahre Erde vorne, wobei sie sich im Laufe eines Jahres gegenseitig überholen. Dies geschieht aufgrund der unterschiedlichen Umlaufgeschwindigkeiten: Jene der mittleren Erde ist konstant, während die Umlaufgeschwindigkeit der wahren Erde aufgrund der elliptischen Bahn schwankt. Die unterschiedlich große Geschwindigkeit folgt aus dem zweiten Keplerschen Gesetz, wonach der Radiusvektor des Planeten in gleicher Zeit gleiche Flächen überstreicht. Diesen Zusammenhang stellte Kepler in der berühmten Keplerschen Gleichung dar. Berechenbar wurde sie dank dem Mathematiker Lagrange, der sie als Reihenentwicklung darstellen konnte.

Die zweite Ursache der Zeitgleichung stellt die Schiefe der Ekliptik dar. Um diesen Effekt darzustellen, wird wieder auf die mittlere Erde zurückgegriffen (Abb. 2). Die wahre Erde kreist diesmal auf einer Kreisbahn, welche um die Neigung ϵ der Ekliptik schief gestellt wird. Zudem wird der Startpunkt beider Erden in den Frühlingspunkt verlegt.

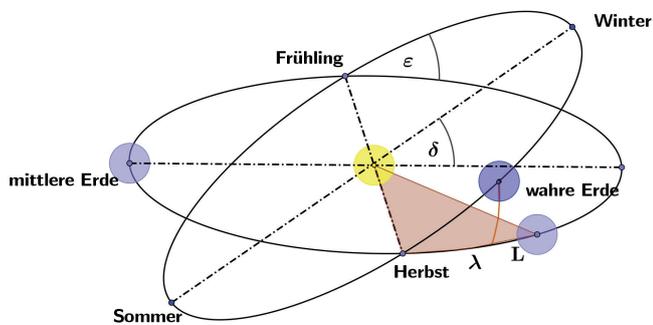


Abb. 2: Veranschaulichung der Schiefe der Ekliptik (Graph erstellt mittels Geogebra)

Anschließend wird die wahre Bahn auf die mittlere projiziert. Um nun die entsprechende Sinuskurve (Abb. 3) zu erhalten, wird die Differenz zwischen der mittleren Länge L und der projizierten bzw. ekliptischen Länge λ gebildet und in Abhängigkeit zur Zeit gestellt.

Um die Kurve der Zeitgleichung zu erhalten, wird die Kurve basierend auf der Exzentrizität der Erdbahn mit jener basierend auf der Schiefe der Ekliptik zu einer resultierenden Kurve zusammengefügt: Die Kurven werden also addiert. (Abb. 3)

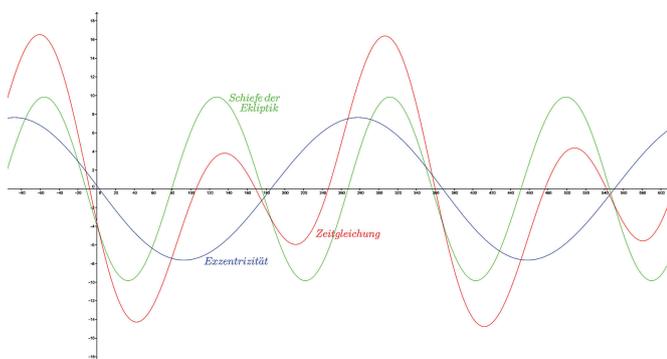


Abb. 3: Graphen der zeitlichen Abweichung vom mittleren Sonnentag; Tage gegen Minuten. (Graph erstellt mittels Geogebra)

Die Zeitgleichung hat auch praktische Anwendungen, z.B. zur Korrektur von Sonnenuhren. Diese weichen von der genormten Zeit, wie wir sie beispielsweise von unseren Atomuhren her kennen, um genau jene Differenz ab, welche die Zeitgleichung angibt. Sonnenuhren gehen also genau an jenen Tagen richtig, an denen bei der Zeitgleichung die Nullstellen zu finden sind.

Analemma

Macht man in genügend kurzen Abständen – immer vom selben Ort aus und zur selben Zeit – Fotos von der Sonne, und legt sie übereinander, so erhält man das Analemma. Auf der Erde hat das Analemma eine Form, die einer Acht ähnlich sieht. Auf anderen Planeten erhält man aufgrund der unterschiedlichen Exzentrizität sowie der Schiefe der Ekliptik andere Formen – das Analemma des Mars sieht einer Träne ähnlich.

Das erste Analemma Mitteleuropas wurde von Robert Pözl, einem steirischen Hobby-Astrofotografen, aufgezeichnet. Sein erstes Foto dazu hat er am 29. September 2011 aufgenommen, das letzte am 9. September 2012. Insgesamt wurden 37 Einzelfotos jeweils um 13:05 (Sommerzeit) bzw. 14:05 (Winterzeit) in Kitzeck im Sausal, einer steirischen Weingegend, aufgenommen. Diese Fotos wurden schließlich zum Analemma (Abb. 1, Foto: Robert Pözl) zusammengefügt und vor den Hintergrund der Landschaft montiert. Abb. 4 zeigt das beschriftete Analemma.

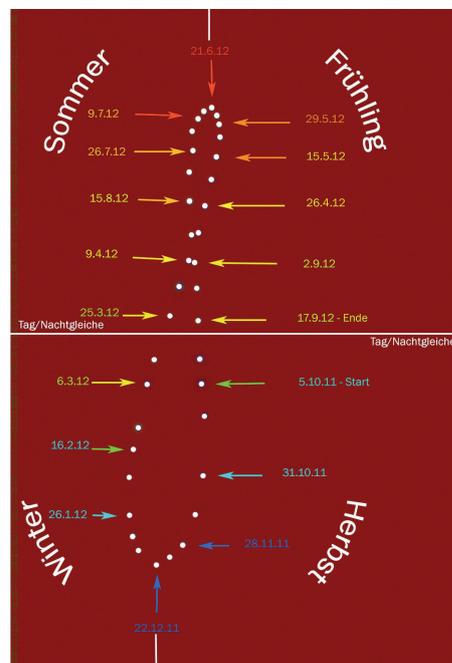


Abb. 4: Analemma mit Datumangaben

Im Allgemeinen ist die Sommersonnenwende der höchste und die Wintersonnenwende der tiefste Punkt. Zu beachten ist, dass die Äquinoktien nicht im Schnittpunkt liegen, sondern in der Mitte der Acht. Hierzu vergleiche man das Analemma (ihm liegt ja die Zeitgleichung zu Grunde, es wurden nur die Tage gegen die Deklination ausgetauscht) mit der Zeitgleichung. Markiert man die Tage, an denen die Äquinoktien stattfinden, erkennt man, dass dies jene

Punkte sind, welche eben in der Mitte und nicht im Schnittpunkt liegen.

Wie wurden die Bilder aufgenommen?

Robert Pölzl verwendete eine digitale Spiegelreflexkamera mit Sonnenfilter (Baaderfilterfolie), damit die Sonne nicht alles überstrahlt, sondern als kleine Scheibe erkennbar ist. Bezüglich Standortauswahl war es wichtig, dass die Sonne zu jeder Jahreszeit von demselben Ort aus zu sehen ist und nicht hinter einem Baum oder anderem Objekt verschwindet. Um den exakten Standort wiederzufinden, markierte der Fotograf die Punkte, auf denen das Stativ stand, am Boden. Auch eine gründliche Recherche über die Häufigkeit von Niederschlag und Wolkenbedeckung war notwendig, denn ohne sichtbare Sonne gibt es schließlich keine Bilder. Zudem musste beweisbar sein, dass die Sonnenbilder der jeweiligen Tage tatsächlich zur gewählten Tageszeit an eben jenem Tag aufgenommen wurden. Daher musste ein Referenzbild gemacht werden, das mit jenem des Satelliten SOHO verglichen wurde. Die Sonnenoberfläche verändert sich nämlich ständig und weist somit zu jedem Zeitpunkt einen bestimmten „Fingerabdruck“ auf.

Kepler-Förderpreis

Im Rahmen der Jugendarbeit der Kepler-Gesellschaft kommt der Verleihung des Kepler-Förderpreises eine besondere Bedeutung zu. Seit dem Jahr 2006 wird er alle zwei Jahre – vorbehaltlich besonderer Kepler-Jubiläen – in einem feierlichen Rahmen an Schüler der 20 Kepler-Gymnasien der Europäischen Union verliehen.

Die Richtlinien für den Förderpreis wurden im Jahr 2004 festgelegt, als die Kepler-Gesellschaft die Schulleiter der 20 Kepler-Gymnasien in der EU nach Weil der Stadt einlud. Bei diesem Treffen wurden die Gestaltung und die Vergabekriterien vereinbart. Seitdem steht der Förderpreis unter dem Leitgedanken, dass sich Schülerinnen und Schüler eigenständig – einzeln oder in einer Gruppe – im Zuge eines vorgegebenen oder selbst gewählten Themas mit dem vielfältigen Vermächtnis Keplers beschäftigen sollen.

Die Ausschreibung sieht dabei konkret folgende mögliche Aufgabenstellungen vor:

- Eine vorgegebene Aufgabenstellung aus den Fachbereichen Astronomie, Physik oder Mathematik
- Die Bearbeitung eines selbst gewählten Themas aus den Fachbereichen Mathematik und Naturwissenschaften
- Die Bearbeitung eines Themas, das sich direkt oder indirekt mit dem Leben und Werk Johannes Keplers befasst
- Präsentation einer Vision zum Leben in der Zukunft auf der Grundlage möglicher technologischer Entwicklungen. [1]

Die besten Arbeiten werden im Zuge einer öffentlichen Präsentation in Weil der Stadt in Anwesenheit renommierter Gäste aus Forschung und Wissenschaft gekürt. Somit können Kontakte nicht nur mit den Vertretern der anderen Kepler-Gymnasien geknüpft werden, was ein wichtiger Aspekt bei der Einführung des Preises war, sondern vor allem auch persönliche Kontakte zu bekannten Wissenschaftlern und anderen Personen, die als Ansprechpartner und wichtige Kontaktpersonen für das Studium dienen können.

Dazu werden die Verfasser der besten Arbeiten zu einem zweitägigen Aufenthalt in Weil der Stadt eingeladen. Im Rahmen der feierlichen Vergabe des Förderpreises erhalten sie die Gelegenheit, einen öffentlichen Kurz-Vortrag über ihre Arbeit zu halten. Das Begleitprogramm schließt Führungen und Besichtigungen auf den Spuren Keplers ein sowie Besuche in Forschungseinrichtungen der kooperierenden Universitäten Tübingen und Stuttgart. Darüber hinaus erhalten die Preisträger – je nach Platzierung – einen namhaften Geldpreis, eine Urkunde sowie kostenfreie Mitgliedschaft in der Kepler-Gesellschaft bis zum Berufsstart. Die preisgekrönten Arbeiten finden Aufnahme in das Archiv der Kepler-Gesellschaft. Sie sind über das Portal der Kepler-Gesellschaft – Untermenü Kepler-Preis – auch im Internet nachzulesen.

Darunter finden sich auch die bisher preisgekrönten Arbeiten österreichischer Schüler:

2006: 2. Preis: „Höhenberechnung von Kraterwänden auf dem Mond“, Florian Andritsch und Florian Mikulik – BRG Keplerstraße Graz

2013: 1. Preis: „Zeitgleichung“, Martina Svibić – BRG Keplerstraße Graz

Ausblick

„Man schaffe Schiffe und Segel, die sich für die Himmelsluft eignen. Dann wird es auch Menschen geben, die vor der öden Weite des Raumes nicht zurückschrecken“ [2] – eine Aussage, die von den unglaublichen visionären Gedanken Johannes Keplers zeugt. Mögen diese Sätze erhalten bleiben, auf dass die heutige wie auch zukünftige Generationen dasselbe Engagement und dieselbe zukunftsorientierte Sicht wie der große Astronom aufweisen.

Kepler-Gesellschaft

„If I have seen further it is by standing on the shoulders of giants“ [3] – diese Worte von Isaac Newton in einem Brief an Robert Hooke haben heute dieselbe Gültigkeit wie 1676. Denn wo wäre die Wissenschaft ohne Giganten wie Albert Einstein, James Clerk Maxwell, Isaac Newton oder eben Johannes Kepler. Dementsprechend ist es die Aufgabe unserer Zeit, das Erbe der Großen unserer Welt zu erhalten, aber auch weiterzuentwickeln. Eben diese Schwerpunkte hat sich die Kepler-Gesellschaft e.V. gesetzt. Ihre übergeordneten und vorrangigen Ziele konzentrieren sich deshalb auf

die beiden folgenden Aufgaben:

- Das Andenken an den großen Astronomen und Forscher zu pflegen und die Kenntnisse über sein Lebenswerk und seine Forscherpersönlichkeit zu verbreiten.
- Vor allem junge Menschen – und das ganz im Sinne Kepler – möglichst schon während ihrer Schulzeit verstärkt für die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Themen zu begeistern und zu gewinnen. [4]

Über viele engagierte Mitglieder der Kepler-Gesellschaft werden diese Anliegen auch umgesetzt. So hat sich der Altphilologe Dr. Kühn Keplers „Narratio de Observatis a Sequatuor Iovis Satellitibus Erronibus“ angenommen und als Erster eine akribische erstellte Übersetzung ins Deutsche vorgelegt.

Des Weiteren hat der Stadthistoriker und Kepler-Experte Wolfgang Schütz das Thema „Kepler und die Nachwelt“ in einer sehr informativen und originellen Ausstellung im Stadtmuseum präsentiert, indem er alles, was sich zur Rezeption Keplers weltweit findet, zusammengetragen hat. Die erstaunlichen Zeugnisse zeigen, wie und an welchen Orten Keplers Name Verwendung gefunden hat, entweder um einen Artikel des alltäglichen Gebrauchs besser zu vermarkten oder um an sein großes Vermächtnis für die Wissenschaft, die Literatur oder die Kunst anzuknüpfen. So finden sich Beispiele für die Ehrung seines wissenschaftlichen Vermächtnisses vor allem bei der Namensgebung von Bildungs- und Forschungseinrichtungen aber auch von touristischen Attraktionen wie den Kepler Mountains in Neuseeland oder den Kepler Cascades im Yellowstone National Park in den USA – ganz zu schweigen von banalen Beispielen für Kepler als Werbeträger für Biersorten, Backwaren oder alltägliche Gebrauchsartikel.

Im Zuge der Öffentlichkeitsarbeit wurde zudem 2012 ein Planetenwanderweg gemeinsam mit der Stadt Weil der Stadt errichtet.

Selbstverständlich betreut die Kepler-Gesellschaft auch ein Museum, das im Jahr 1940 in Keplers Geburtshaus durch den ersten Vorsitzenden der Kepler-Gesellschaft, Professor Max Caspar, eingerichtet wurde, nachdem das Gebäude bereits im Jahr 1938 vom „Verein Keplerhaus“ erworben worden war, um Kepler ein bleibendes Gedächtnis zu bewahren. Zum Kepler-Museum gehört das Kepler-Archiv, das sich in den nahegelegenen Räumlichkeiten des ehemaligen Augustiner-Klosters befindet. Zu den Exponaten des Museums zählen neben vielen anschaulich gestalteten Informationstafeln zu seiner Herkunft, seinen Ausbildungs- und Aufenthaltsorten sowie einer interaktiv zu bedienenden Simulation zu den Gesetzen der Planetenbewegung eine Reihe von Dokumenten und Werken, die von zentraler Bedeutung für Keplers Denken und Forschen stehen wie z.B.:

- Johannes Kepler: „Prodromus Dissertationum Cosmographicarum continens Mysterium Cosmographicum“ (Tübingen 1596)

- Johannes Kepler: „Tabulae Rudolphinae“ (Ulm 1627)
- Johannes Kepler: „De Stella Nova“ nebst Sternkarte, die die Position der „Nova“ enthält (Frankfurt 1606)
- Johannes Kepler: „Nova Stereometria Doliorum“ (Linz 1615) [5]

Die Förderung der Begeisterung junger Menschen für die Naturwissenschaften ist ein wichtiges Anliegen der Kepler-Gesellschaft. So gibt es eine Jugendgruppe der Johannes-Kepler Sternwarte (ebenfalls Teil der Kepler-Gesellschaft). Sie wird von den Amateurastronomen der Sternwarte betreut, in der auch Praktika für Schülerinnen und Schüler der umliegenden Schulen vergeben werden. Außerdem findet eine Zusammenarbeit mit der Kinderuni Weil der Stadt e.V. statt.

Literatur

Download der Arbeit über das Analemma: <http://www.kepler-gesellschaft.de/index.php/preisgekroente-arbeiten/foerderpreis-2013.html>

- [1] Richtlinien zum Kepler Förderpreis: <http://www.kepler-gesellschaft.de/index.php/aktuelle-aufgabenstellung/leitgedanken.html> [Stand: 21.01.2014].
- [2] KEPLER, Johannes: Dissertatio Cum Nincio Sidero. Prag 1610.
- [3] NEWTON, Isaac, in einem Brief an Robert Hooke (1675)
- [4] KEPLER-GESELLSCHAFT e.V.: Die Kepler-Gesellschaft. Ausblick und Rückblick. 1. Aufl., 2013.
- [5] KEPLER-GESELLSCHAFT e.V.: Das Kepler-Museum in Weil der Stadt. 1. Aufl. Kirchheim/Teck: Druckerei Hertle, 1999.

Verwendete Quellen im Zuge der Arbeit „Zeitgleichung“:

- GERTHSEN, Christian; KNESER, Hans; VOGEL, Helmut: Physik. Ein Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen. 14. Aufl. u.a. Berlin: Springer Verlag, 1982.
- MÜLLER, M: EQUATION OF TIME – PROBLEM IN ASTRONOMY. Online: www.ifpan.edu.pl/firststep/aw-works/fsII/mul/mueller.html [Stand: 2013-07-23]
- STREBEL, Ralph: Die Keplersche Gleichung. Zürich: Kirchgraber, 2001.
- STRUTZ, Christian: Analemma, die Zeitgleichung. Warum ist aus unserer Sicht die Sonne so unpünktlich? Online: www.schulphysik.de/strutz/zeigl.pdf [Stand: 2013-06-25].
- VOELKEL, James: The Composition of Kepler's Astronomia nova. Online: <http://press.princeton.edu/chapters/i7187.pdf> [Stand: 2013-06-25].

Lichtverschmutzung als Thema im Schulunterricht

Thomas Posch

Einleitung

Bekanntlich bedeutet der Titel unserer Zeitschrift – „Plus Lucis“ – nichts Anderes als „mehr Licht“. Der Mensch ist ein lichthungriges Wesen: im buchstäblichen und im übertragenen Sinne. Buchstäblich lichthungrig, weil er anscheinend nicht genug Licht bekommen kann. Er möchte – rund um den Globus – durch immer mehr Beleuchtung auch die Nacht zum Tag machen und nimmt zur dunklen Jahreszeit möglicherweise Lichttherapien in Anspruch, um seine Stimmung zu verbessern. Im übertragenen Sinne sind wir lichthungrige Wesen, weil wir immer wieder „Licht in eine Sache“ bringen wollen, „helle Köpfe“ sein wollen, nach „Aufklärung“ (englisch „enlightenment“!) verlangen. Kurz, sowohl physikalisches Licht als auch Licht im metaphorischen Sinne ist für den Menschen fast nur positiv besetzt. Wie soll es dann so etwas wie „Lichtverschmutzung“ geben? Ist das nicht ein Unding bzw. ein Unwort? Und was hat das alles mit dem Physikunterricht zu tun? Die folgenden Ausführungen versuchen dies zu klären.

Was ist Lichtverschmutzung bzw. Lichtsmog?

Es gibt verschiedene Definitionen von Lichtverschmutzung. Die einleuchtendste ist: *Lichtverschmutzung ist jenes künstlich freigesetzte Licht, das die nächtliche Umwelt (unnötig) aufhellt und den biologisch wertvollen Tag-Nacht-Rhythmus von Menschen und anderen Organismen stört.* Klassische Beispiele dafür sind Skybeamer, die den Himmel aufhellen und Zugvögel von ihren Routen abbringen können, Kugelleuchten, die nach allen Richtungen strahlen und Nachtfalter von weither anlocken (was nach oben abgeschirmte Leuchten weniger tun), sowie Beleuchtung zu kommerziellen Zwecken, welche die ganze Nacht – auch lange nach Ladenschluss – in Betrieb ist und viel Energie verschwendet. Manche Länder gehen nun bereits gesetzlich dagegen vor, so etwa Frankreich und Slowenien. In Frankreich wurde 2013 ein Gesetz beschlossen, kraft dessen Werbebeleuchtung und Fassaden-Anstrahlungen ab 1h nachts abzuschalten sind. Weltweit gibt es mittlerweile rund 1 Milliarde Straßenlaternen. Moderne Beleuchtungssysteme machen es möglich, dank Optimierung des Strahlengangs, Vermeidung von Blendung und Dimmung im Laufe der Nacht etwa 70% der Energie, die für den Betrieb herkömmlicher

Laternen eingesetzt wird, einzusparen. Dies entspricht weltweit 750 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr [1].

Da Lichtverschmutzung oft zu Lichtglocken über Städten und Industriegebieten führt, welche ähnlich aussehen wie tagsüber Smog von Anhöhen aus betrachtet, wurde für diese Art der Umweltverschmutzung auch der Begriff „Lichtsmog“ geprägt [2], [3]. Diesem kürzeren Wort werde ich in den restlichen Ausführungen den Vorzug geben.

Wie kann man Lichtsmog mit SchülerInnen messen?

Erst seit 10 Jahren ist „Lichtsmog“ hierzulande ein relevantes Thema in der Öffentlichkeit und auch in der Forschung geworden. Man erkannte immer mehr negative Folgen eines Übermaßes an Licht für Mensch und Umwelt – mehr dazu unten. Am unmittelbarsten kann man zunehmenden Lichtsmog daran erkennen, dass man selbst am klaren Nachthimmel immer weniger Sterne sieht. Doch wie lässt sich dieser Eindruck quantifizieren und diese relativ neue Form von Umweltverschmutzung messen?

Die kanadische Firma „Unihedron“ [4] bietet dafür ein sehr einfach zu bedienendes Instrument an. Es nennt sich „Sky Quality Meter“ (SQM) und kostet in der Basisversion rund 100 €. Was misst das Gerät und wie ist es zu bedienen?

Ein SQM ist nicht viel größer als ein Taschenrechner und verfügt über einen Sensor, der in einem Teil des optischen Spektralbereichs die Himmelshelligkeit (die Leuchtdichte des Himmels) misst. Der Sensor ist so empfindlich, dass für ihn der Taghimmel zu hell ist. Während der Dämmerung und in der Nacht erhält man jedoch sehr zuverlässig die Flächenhelligkeit des Himmels, z.B. im Zenit, als Funktion der Zeit. Hat man ein SQM mit USB- oder Ethernet-Schnittstelle, kann man damit im Laufe einer Nacht ohne manuelle Einzelmessungen Kurven wie in Abb. 1a erhalten. Nach dem Ende des steil abfallenden Teils der Dämmerung erhält man im flachen Bereich der Kurven ein Maß für die Nacht-Dunkelheit – und zwar in der astronomisch üblichen, logarithmischen Einheit „Magnituden pro Quadratbogensekunde“ ($\text{mag}/\text{arcsec}^2$). Je größer die gemessene Zahl, desto mehr natürliche Nachtdunkelheit hat sich an dem untersuchten Ort noch erhalten. Perfekter Nachthimmel ist durch bis zu $21.7 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$ charakterisiert – dies ist in Mitteleuropa kaum erreichbar –, während in städtischen Ballungsräumen auch Werte von z.B. $16.7 \text{ mag}/\text{arcsec}^2$ gemessen werden, was einem im Vergleich zur natürlichen

Priv.-Doz. DDr. Thomas Posch ist Mitarbeiter am Institut für Astronomie der Universität Wien. Seine vielseitigen Interessen von Astromineralogie bis Erkenntnisfragen sind unter <http://homepage.univie.ac.at/thomas.posch> nachzulesen. E-Mail: thomas.posch@univie.ac.at

Situation genau hundertmal helleren Himmel entspricht – fünf astronomische Magnituden entsprechen ja einem Faktor 100 in der Intensität.

Spannend kann es einerseits sein, eine Stadt zu festen Zeitpunkten räumlich in Bezug auf die Lichtsmog-Verteilung zu „kartographieren“ – dies wurde z.B. in Hongkong gemacht [5]. Lohnend ist aber auch die zeitliche Mittelung über die SQM-Messungen, durchgeführt an einem Ort während

vieler Nächte (wobei auch dabei die Dämmerungsbereiche ausgeschlossen werden sollten). Jeder Nacht kann dann ein Mittelwert der Himmelshelligkeit im Zenit zugeordnet werden. Über mehrere Monate hinweg lässt sich dann studieren, ob der Mond am untersuchten Standort überhaupt noch die Himmelshelligkeit moduliert oder ob der Lichtsmog bereits so stark ist, dass er gegenüber dem sog. „circularen“ Rhythmus völlig dominiert und diesen ausgelöscht hat. Die Abb. 1b – 1c zeigen ein Beispiel dafür (vgl. auch [6]).

SQM-Lichtkurven

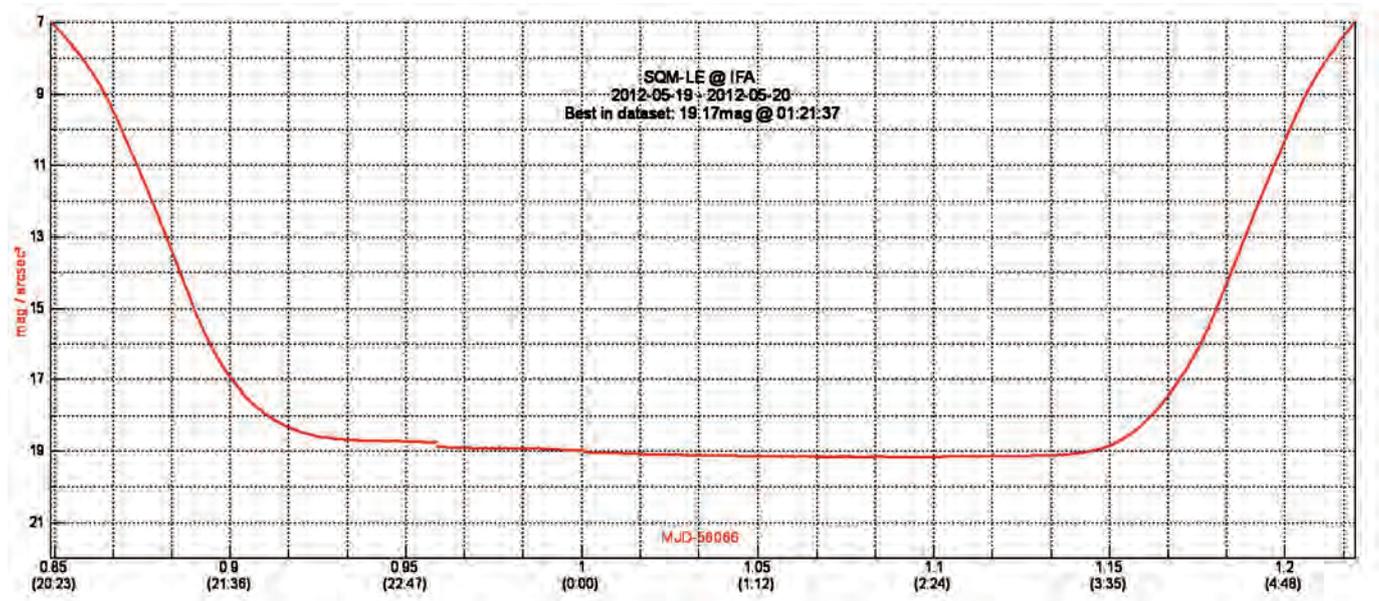


Abb. 1a: Ergebnis kontinuierlicher SQM-Messungen im Laufe einer einzelnen klaren Nacht kurz vor Neumond im Mai 2012. Helligkeiten in mag/arcsec².

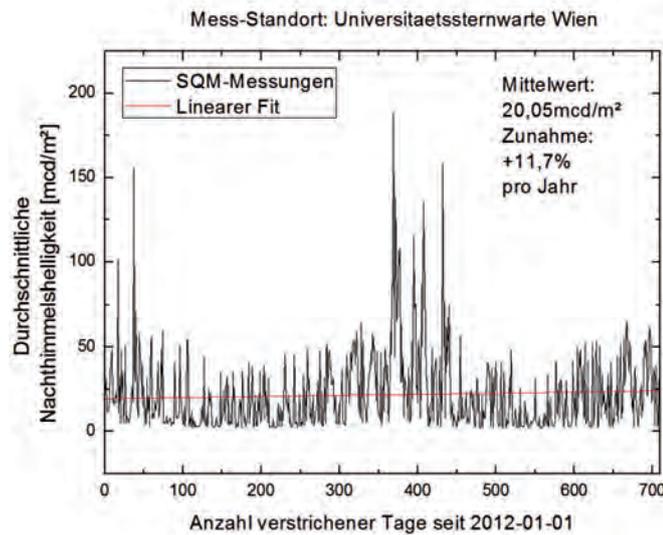


Abb. 1b: Langzeit-Entwicklung der nächtlichen Mittelwerte der Nachthimmelshelligkeit in Wien. Hohe Spitzen entsprechen hellen (schneereichen) Winternächten. Eine Modulation der Himmelshelligkeit durch die Mondphasen ist hier nicht mehr erkennbar. Helligkeiten umgerechnet in millicandela/m² und linear dargestellt.

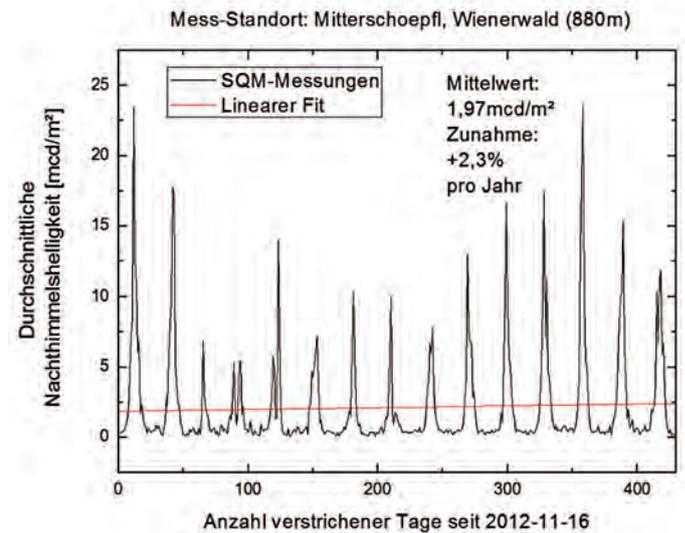


Abb. 1c: Langzeit-Entwicklung der nächtlichen Mittelwerte der Nachthimmelshelligkeit am Observatorium Mitterschöpfung im Wienerwald (880m über dem Meeresniveau). Die Modulation der mittleren Himmelshelligkeit durch die Mondphasen ist klar erkennbar.

Das Thema „Lichtsmog“ im Unterricht – interdisziplinär betrachtet

„Lichtsmog“ ist in hohem Maße ein fächerübergreifendes Thema. Wesentliche Aspekte davon betreffen die Biologie (z.B. Licht und Insekten, Dunkelheit und Schlafqualität), aber auch die Physik und Astronomie. Kulturgeschichtliche Bezüge lassen uns verstehen, wie es zum Umgang unserer modernen Zivilisation mit künstlichem Licht gekommen ist [2].

Erfahrungsgemäß fühlen sich Schülerinnen und Schüler zumindest von einer, oft auch von mehreren Facetten des Themas Lichtsmog angesprochen. Wichtig ist, dass bei der Vermittlung die spielerischen und experimentellen Zugänge nicht zu kurz kommen. Wie erwähnt, ist es nun in Reichweite jedes Schülers / jeder Schülerin, die Lichtverschmutzung mit Geräten wie dem „Sky Quality Meter“ quantitativ zu erfassen. Auch die digitale Fotografie hat auf diesem Sektor neue Möglichkeiten der Visualisierung eröffnet [7].

Zusätzlich eignet sich praktisch jede Schulklasse mit der vorhandenen Ausstattung zu Experimenten, die mit Licht und Lichtverschmutzung im weitesten Sinne zu tun haben. Projiziert man z.B. eine astronomische Aufnahme auf eine Wand, ohne die Klasse abzudunkeln, so wird das projizierte Bild oft ebenso kontrastschwach erscheinen wie der Orion-Nebel, wenn man ihn in einer überbeleuchteten Großstadt beobachtet. Sukzessive Abdunkelung des Raumes bringt dann in demselben Maß neue Details zum Vorschein wie der (im Unterricht meist nicht mögliche) Übergang zur Beobachtung des Nachthimmels von dunklen, inneralpinen Gegenden aus.

Lichtverschmutzung und deren Vermeidung hat sehr viel mit der richtigen Wahl des Licht-Spektrums und somit des Leuchtmittels zu tun. Licht mit starken Blauanteilen hat im Außenraum eigentlich wenig verloren. Es zieht Nachtfalter viel stärker an als warmweißes Licht und senkt die Konzentration des Ruhe-Hormons Melatonin in unserem Körper,

was die Schlafqualität stark beeinträchtigt. Wie stark der Blau-Anteil einer Leuchte ist, lässt sich ebenfalls mit einfachen Mitteln in der Schulklasse untersuchen: so etwa mit einem aus CD-ROM-Segmenten und Keksschachteln (!) herstellbaren Hand-Spektroskops [8]. Richtet man dieses auf eine Energiesparlampe oder – äquivalent dazu – auf eine Leuchtstoffröhre, so zeigt sich ein wunderschönes Linienspektrum (vgl. Abb. 2). Anhand dessen kann man sehr gut erörtern, wie ein Lichtspektrum aussehen sollte, das möglichst wenige Insekten anzieht und den Nachthimmel möglichst wenig aufhellt – paradoxerweise nämlich eher so wie im Falle einer Glühbirne, mit dem Schwerpunkt der Emissionen fernab des blauen Spektralbereichs.

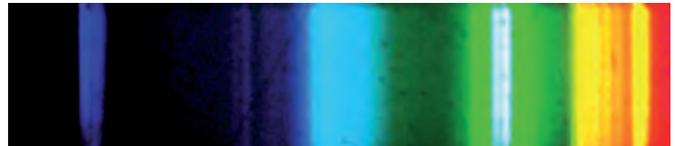


Abb. 2: Spektrum einer Energiesparlampe. Im Außenbereich eingesetzte Leuchtstoffröhren haben sehr ähnliche Spektren.

Literatur

- [1] <http://www.darksky.org/assets/2013/WorldwideEnergyWaste.jpg> (Stand: Februar 2014)
- [2] Thomas Posch, Franz Hölker, Anja Freyhoff, Thomas Uhlmann (Hg., 2013): Das Ende der Nacht. Lichtsmog: Gefahren – Perspektiven – Lösungen. Berlin: Wiley-VCH Verlag.
- [3] <http://www.lichtverschmutzung.de> (Stand: Feb. 2014)
- [4] <http://www.unihedron.com> (Stand: Februar 2014)
- [5] <http://nightsky.physics.hku.hk> (Stand: Februar 2014)
- [6] Puschnig, J., Posch, Th., Uttenthaler, S. (2014): Night sky photometry and spectroscopy performed at the Vienna University Observatory. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer (im Druck). Vorabdruck: <http://arxiv.org/abs/1304.7716>
- [7] <http://www.twanight.org> (Stand: Februar 2014)
- [8] Köppen, J. (2010): Mit Spritzgebäck und Silberscheibe zum eigenen Spektroskop. Sterne und Weltraum 4/2010, S. 88-95

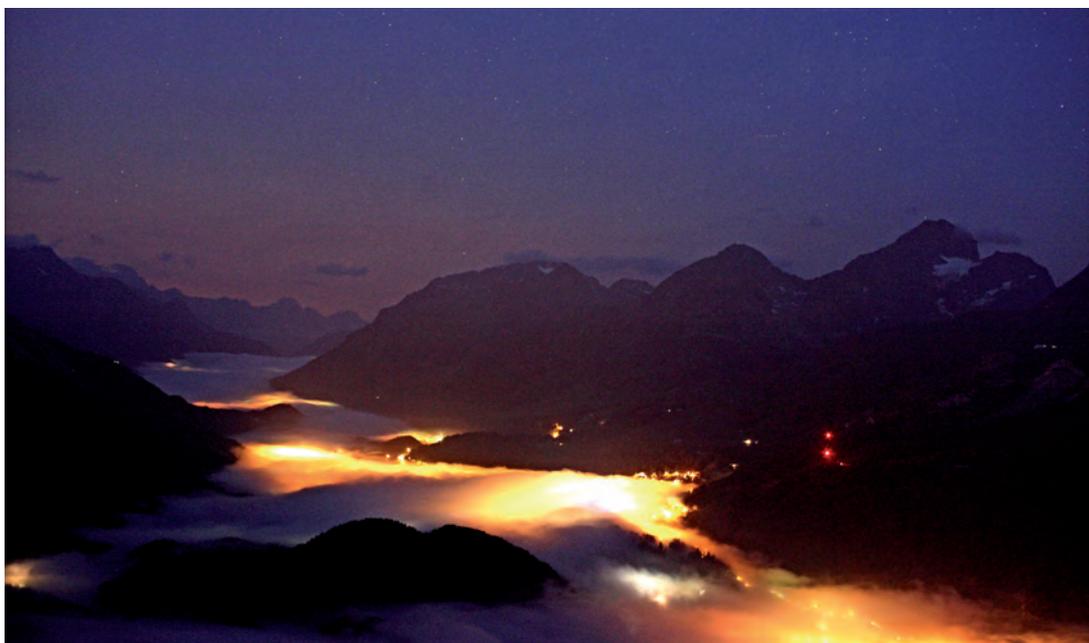


Abb. 3: Lichtsmog über dem Schweizer Oberengadin. Durch Bodennebel wird noch deutlicher, wieviel Licht hier von unten nach oben strahlt. (Foto: Thomas Posch)

Kepler-Sternwarte Linz

Johannes Stübler

Zum Verein und zur Geschichte

Die bereits 1947 gegründete Linzer Astronomische Gesellschaft (LAG) ist ein Verein mit ca. 200 Mitgliedern mit dem Anliegen, astronomisches Wissen in möglichst weiten Bevölkerungskreisen zu verbreiten. Zu diesem Zweck errichtete und betreibt die LAG die „Johannes-Kepler-Sternwarte“ am Freinberg in Linz. Die LAG ist in diesem Zusammenhang auch dem Oberösterreichischen Volksbildungswerk angeschlossen. Dem Verein können an Astronomie Interessierte für einen moderaten Mitgliedsbeitrag beitreten und vom örtlichen Angebot profitieren.

Die LAG ist Gründungsmitglied der „Österreichischen Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik“ und erster österreichischer Partnerverein der internationalen Organisation „Astronomers Without Borders“.

Ausstattung

Das Teleskop auf der Keplersternwarte Linz ist eines der größten astronomischen Spiegelteleskope in Österreich, an dem regelmäßige, öffentlich zugängliche Führungen abgehalten werden.

Der Hauptspiegel des Teleskops mit einem Durchmesser von 500 mm konzentriert genügend Licht, um auch weit



entfernte, lichtschwache Gestirne beobachten zu können. Bei der visuellen Beobachtung können mit diesem Instrument Objekte erkannt werden, die zehntausendmal schwächer sind als die schwächsten mit bloßem Auge erkennbaren Gestirne! Leben und Tod der Sterne kann den Besuchern durch die Beobachtung von Sternentstehungsgebieten und den Resten gewaltiger Sternexplosionen veranschaulicht werden. Sternhaufen, die mit kleineren Instrumenten nur als verwaschene Nebelfleckchen zu erkennen sind, werden aufgrund der Lichtstärke dieses Fernrohres zu eindrucksvollen Beobachtungsobjekten, welche oft Hunderte von Einzelsternen auf einen Blick erkennen lassen. Galaxien



„Johannes-Kepler-Sternwarte“ am Freinberg in Linz und ein Portrait des Namensgebers

Johannes Stübler ist Beiratsmitglied der Linzer Astronomischen Gesellschaft, Mitglied der IAU (International Astronomical Union) und der Royal Astronomical Society of London. TWAN Austria event coordinator, Ambassador and national coordinator for Austria von Astronomers without Borders. E-Mail: j.stuebler@gmx.at; HP: members.livest.at/vlt/autor.html

lassen sich über Entfernungen von vielen Millionen Lichtjahren beobachten und vermitteln den Gästen der Sternwarte einen Eindruck von der Unendlichkeit des Welt- raumes. Die kontrastreiche Abbildung des Cassegrain- Systems und die Systembrennweite von fünf Metern lassen aber auch eine detaillierte Beobachtung des Mondes und der Planeten des Sonnensystems zu.

Führungen und Öffentlichkeitsarbeit

Zum laufenden Angebot der Sternwarte gehören wöchent- liche, öffentliche Sternführungen und Sonderführungen (Schulführungen) für angemeldete Gruppen auf der Stern- warte, sowie monatliche, öffentlich frei zugängliche Ver- sammlungen im Landes-Kulturquartier Ursulinenhof, zu denen Astronomen (sowohl professionelle als auch Ama- teure) als Fach-Vortragende eingeladen sind.



Die Bildungsarbeit ist für die Linzer Astronomische Ge- meinschaft eines der Grundziele. Entsprechend werden neue Mittel und Wege gesucht, um diesem Ziel gerecht zu werden.

So unterstützt die Linzer Astronomische Gemeinschaft die österreichische Bildungsplattform A4E – Astronomy for Education, indem sie die österreichische Kontaktseite AUS- TRONOMIE auf ihrem Webspace hosted. Diese Seite ist auch auf dem Server des Bundesministeriums zur A4E-Plattform verlinkt.

Das international tätige LAG-Vereins-mitglied Johannes Stübler ist als Gründungsmitglied der A4E-Initiative mitver- antwortlich und betreut diese Seite, die als Orientierungs- hilfe für astronomisch interessierte Lehrer und Schüler, die Kontakt zu österreichischen Astronomie-Einrichtungen su- chen, dient. Hier sind neben den Kontakten zu den österrei- chischen astronomischen Instituten auch alle österreichi- schen Sternwarten, Vereine, Privatsternwarten und vieles mehr aufgelistet.

Die Gemeinschaft hat 1993 einen Planetenlehrpfad im Parkareal der Sternwarte errichtet, der leider Vandalen zum Opfer gefallen ist, dessen Reaktivierung aber eines der nächsten Ziele ist. Weiters liefert eine große Äquatori- ale Sonnenuhr vor der Sternwarte mit entsprechender Be- schreibung einen ersten Einblick in himmels- mechanische Grundlagen. Abseits der Lichter der Großstadt betreibt der Verein eine Beobachtungsstation im Mühlviertel. Engagier- te Menschen wie z.B. DI Herbert Raab (Autor der weltweit im Einsatz befindlichen Software „Astrometrica“) und

Obmann der LAG, sowie erfolgreiche Astrofotografen und Amateurastronomen wie z.B. „stargazer“ Dr. Dietmar Ha- ger oder Erich Meyer, Erwin Obermeir, David Voglsam (IAU Observatory Code: 540 Linz) leisten weltweit ihre groß- artigen Beiträge und lenken die Geschicke des Vereins.

Angebote für Schulen

Schon seit vielen Jahren ist die Linzer Astronomische Gemeinschaft bemüht, vor allem auch junge Menschen anzusprechen. Wie bieten Schulführungen an, zu denen engagierte Lehrkräfte und Eltern mit ihren Kindern kom- men können. Eine lange Tradition haben auch im Sommer die Erlebnisabende für Kinder auf der Sternwarte. Hier wird Kindern spielerisch in Experimenten und diversen Akti- vitäten der Zugang zum Thema Astronomie eröffnet.

Auch konkrete Schulprojekte sind Gegenstand der astrono- mischen Bildungsarbeit. So wurde das 50cm-Spiegelteleskop der Kepler-Sternwarte bereits zur Beobachtung von verän- derlichen Sternen im Rahmen einer Fachbereichsarbeit in Physik genutzt. In Zusammenarbeit mit der Traunsee- Akademie besuchten mehrere Gruppen von Schülern im Volksschulalter die Sternwarte. Das Interesse der Teilnehmer war dabei so groß, dass die Gründung einer Gruppe für Volks- schulkinder geplant ist, die sich regelmäßig auf der Stern- warte trifft und dabei astronomische Themen bearbeitet.



Basteln und Abschuss von Wasserraketen

Die mit diesem Angebot verbundene Arbeit wird von aktiven und sehr engagierten Vereinsmitgliedern zu 100% ehren- amtlich geleistet. Sehr gerne sucht unser Verein in Hinblick auf künftig engagierte junge Menschen den engen Kontakt zu Schulen und Lehrkräften.

Die Anmeldung für Sonderführungen erfolgt über das Anmeldeformular der Sternwarte im Bereich Sternführungen.

Wären Sie für die Teilnahme an einer Sonderführung auf der Kepler-Sternwarte Linz. Bitte, füllen Sie dieses Formular vollständig aus, um Ihre Führung bei uns vorzubuchen.

Name: _____
 E-Mail: _____
 Telefon: _____
 Organisation: _____
 Anzahl der Personen: _____

Bitte, wählen Sie zwischen einem Besuch der Sternwarte bei jedem Wetter, oder einer Führung nur bei klarem Himmel.

Wir möchten bei jedem Wetter kommen
 Wunschtermin: _____

Wir möchten nur bei klarem Himmel kommen
 Wunschtermin: _____ (Nennen Sie einen oder zwei Ersatztermine für den Fall von Schlechtwetter: _____)

Minibuchung: Tragen Sie bitte gegebenenfalls die Wunschbrille oder andere Accessoires an uns ein!

Für die Zukunft wäre auch durchaus denkbar, interessierten Lehrern einen Kurs für den Bereich der praktischen Astronomie (praktische Beobachtungen am Fernrohr, Gerätekunde, Fotografie) anzubieten. In jedem Fall steht die Linzer Astronomische Gemeinschaft allfälligen Kooperationen mit Schulen und Lehrkräften im Rahmen ihrer Möglichkeiten gerne zur Verfügung.

Hinweise

Linzer Astronomische Gemeinschaft, Sternwarteweg 5, 4020 Linz: www.sternwarte.at

Oberösterreichisches-Volksbildungswerk: www.oebvbw.org

Österreichische Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik: www.oegaa.at

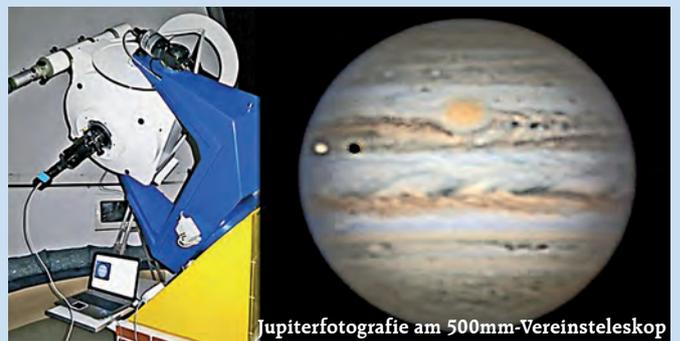
Astronomers Without Borders: www.astronomerswithoutborders.org

A4E Plattform – AUSTRONOMIE: virtuelleschule.bmukk.gv.at/a4e/kontakte/austronomie-astronomie-in-oesterreich/

Direktlink AUSTRONOMIE: www.sternwarte.at/austronomie.html

Software Astrometrica (DI Herbert Raab): www.astrometrica.at

"stargazer" (Dr. Dietmar Hager): www.stargazer-observatory.com



Die Sternfreunde Steyr

Christoph Salzer, Rudolf Dobesberger

Geschichte und Standort

Die Gründung des Vereins Sternfreunde Steyr erfolgte im Jahr 2003, als sich einige sternbegeisterte Enthusiasten zusammenschlossen, um gemeinsam ihrem Hobby nachzugehen. Im Jahr 2007 erfolgte schließlich der erste Höhepunkt mit der Errichtung einer Sternwarte in Aschach an der Steyr. Dank vieler ehrenamtlicher Stunden der Mitglieder und zahlreicher Sponsoren konnten wir für ein 11 Zoll Spiegelteleskop eine fixe Montierung und eine Einhausung errichten. Nach sechs erfolgreichen Jahren und vielen schönen „Sternstunden“ zog es uns nun in dunklere Gefilde, da der bisherige Standort aufgrund der Nähe zu Steyr und der dramatisch zunehmenden Lichtverschmutzung nicht mehr ideal war.



Abb. 1: Panoramabild am Beobachtungsstandort auf der hohen Dirn (Foto: R. Dobesberger)

Seit 2013 hat der Verein nun ein neues Zuhause. Er befindet sich auf der Hohen Dirn in Losenstein im Ennstal südlich von Steyr vor den Toren des Nationalpark Kalkalpen. Hier in knapp über 1000 m Seehöhe kann man abseits der Lichtverschmutzung der Städte noch ungestört den Nachthimmel beobachten. Dieser Standort zählt zu den letzten Beobachtungsorten mit schützenswertem und beeindruckendem Nachthimmel in Mitteleuropa und wird von vielen Hobbyastronomen sehr geschätzt. So konnten wir im ersten Jahr schon einige sehr erfolgreiche Beobachtungsnächte veranstalten, wo unsere Besucher von dem extrem dunklen Nachthimmel fasziniert wurden. Ziel des Vereines ist es unter anderem, die Menschen auf die Probleme und Risiken der Lichtverschmutzung aufmerksam zu machen

Ausstattung

Schmidt-Cassegrain Spiegelteleskop mit GoTo Steuerung: Das sehr lichtstarke Meade 12" LX 200 Teleskop (305 mm Durchmesser) liefert scharfe Sternabbildungen auf hohem

Rudolf Dobesberger ist Obmann und Mag. Christoph Salzer Schriftführer des Vereins Sternfreunde Steyr (www.sternfreunde-steyr.at).
E-Mail: sternfreunde.steyr@gmail.com

Niveau. In Verbindung mit der stabilen und sehr leistungsfähigen Montierung mit goTo-Funktion erleichtert es das Auffinden von Objekten am Himmel. Es können über 145.000 Objekte des Nachthimmels angesteuert werden.



Abb. 2: Unser 12 Zoll Spiegelteleskop (Foto R. Dobesberger)

Skywatcher Refraktor 100/900 mit Coronar Solar Max 60 < 0,7 Angström Filter: Dies ist ein Linsenteleskop mit einem semiprofessionellen H-Alpha Filter, durch den man einen hervorragenden Blick auf die volle Sonnenoberfläche erhält.

Außerdem verfügen zahlreiche Vereinsmitglieder über eigene Teleskope, die regelmäßig bei den Beobachtungsabenden verwendet werden.

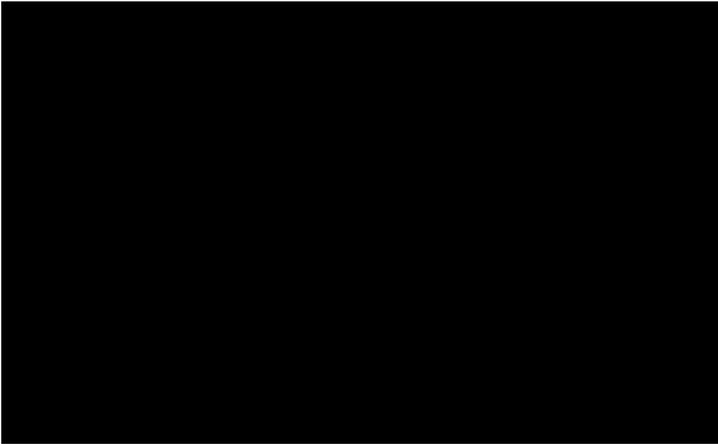
Beobachtungsabende

Der Verein veranstaltet regelmäßig Beobachtungsabende, bei dem gemeinsam der Nachthimmel beobachtet und über aktuelle astronomische Themen diskutiert wird.

Fixpunkt ist darüber hinaus eine Zusammenarbeit mit dem Nationalpark Gesäuse. Jährlich im August wird dabei der „Perseiden-Schauer“, ein gehäuftes Auftreten von Sternschnuppen, geführt beobachtet.

Darüber hinaus finden noch Zusatztermine bei aktuellen astronomischen Ereignissen wie z.B. sichtbaren Kometen statt. Diese werden auf der Homepage kurzfristig bekannt gegeben.

Gegen Voranmeldung können für größere (Schüler-)Gruppen eigene Beobachtungstermine veranstaltet werden. (Kontaktaufnahme s.u.)



Tag der Astronomie

Rund um den jährlich stattfindenden Tag der Astronomie wird vom Verein ein Tag der offenen Tür veranstaltet. Bereits am Nachmittag kann man die Sonne beobachten. Man erhält durch unser Teleskop einen wunderbaren Blick auf die Sonnenoberfläche. Ermöglicht wird dies durch ein spezielles Filter, bei dem die Protuberanzen besonders gut beobachtet werden können. Nach dem Untergang der Sonne werden der zunehmende Mond, einige Planeten und schließlich der Fixsternhimmel beobachtet. Mit Hilfe einer Mondkarte wird versucht, die ungefähren Landeplätze der Apollo-Missionen 11 und 16 zu finden und einige interes-

sante Krater, Gebirge, Rillen und Meere zu identifizieren. Auch die internationale Raumstation kann bei Ihrem Überflug beobachtet werden. Einsteigern unter unseren Besuchern (vor allem auch Kindern und Jugendlichen) werden mit Hilfe eines Lasers die Orientierung am Himmel und das Erkennen von markanten Sternbildern vorgeführt. Die Experten der Sternfreunde Steyr vermitteln auf Wunsch die optimale Teleskophandhabung für Astronomie-Einsteiger. Wer Lust hat, kann auch sein eigenes Teleskop mitbringen.



Vorträge

In unregelmäßigen Abständen werden Fachvorträge abgehalten, bei denen Vereinsmitglieder oder externe Vortragende über ausgewählte Themen referieren. Obmann Rudi Dobesberger steht auch für Vorträge in Schulen zur Verfügung. Bei Interesse bitten wir Sie um Kontaktaufnahme.

Beobachtungsort ist, wenn nicht anders angegeben, unser Standort auf der hohen Dirn. Änderungen vorbehalten. Terminänderungen werden rechtzeitig auf unserer Homepage bekannt gegeben.

Die Termine finden nur bei Schönwetter statt.

Abb. 5: Pferdekopfnebel
(Foto: R. Dobesberger)

Der Pferdekopfnebel ist eine Dunkelwolke aus kaltem Gas und Staub im Sternbild Orion, deren Form an einen Pferdekopf erinnert. Vom Astronomen Edward Barnard wurde er Anfang des 20. Jhdts erstmals als Barnard 33 in einem Katalog von Dunkelwolken katalogisiert.

Er ist eine Molekülwolke in etwa 1500 Lichtjahren Distanz mit einer Ausdehnung von ca. 3 Lichtjahren. Obwohl er damit von der Erde aus etwa ein Viertel so groß wie der Erdmond erscheint, kann er aufgrund der geringen Helligkeit nicht mit bloßem Auge gesehen werden und benötigt lange Belichtungszeiten oder ein großes Teleskop und sehr klaren und dunklen Sternenhimmel.

Dieses Bild mit rot leuchtenden Wasserstoffwolken steht stellvertretend für eine Vielzahl an faszinierenden astronomischen Fotomotiven.



ANTARES

Niederösterreichische Volkssternwarte

Gabriele Gegenbauer

Der Verein ANTARES (Niederösterreichische Amateurastronomen) bietet seit 1996 seinen Mitgliedern ein attraktives und interessantes Vereinsleben. Er soll allen Mitgliedern und der Öffentlichkeit den Zugang zur Astronomie erleichtern. Dazu wurde die Volkssternwarte in Michelbach südöstlich von St. Pölten errichtet (Abb. 1).



Abb. 1: Sternwarte im November 2010

Mit einem der modernsten Teleskope – dem 16" Hypergraf (Abb. 2) in der 4,6 m-Kuppel – und weiteren Teleskopen können Besucher und Mitglieder tiefe Blicke ins Universum machen.



Abb. 2:
Das Hauptinstrument

Gabriele Gegenbauer ist Vorsitzende des Vereins ANTARES (NÖ Amateurastronomen, NÖ Volkssternwarte Michelbach Dorf, Hadrianstraße 16, 3100 St. Pölten). Tel.: 0676 571 19 24. E-Mail: antares-info@aon.at.

Einsteiger werden von erfahrenen Amateurastronomen in die Sternkunde und Beobachtungspraxis eingeführt. Mit einer weiteren kleinen Kuppel kann nun auch der Bereich Astrofotografie für die Mitglieder abgedeckt werden. Aktive Vereinsmitglieder können den Vereinsplatz bei der Sternwarte für eigene Beobachtungen nutzen (Abb. 3). Durch die Vielseitigkeit der Amateurastronomie stehen allen Interessierten viele Wege offen, dieses Hobby zu betreiben.

Als einzige Volkssternwarte in Österreich betreiben wir ein 3 m-Radioteleskop, wobei die Ergebnisse in der professionellen Astronomie im In- und Ausland Beachtung finden.



Abb. 3: Meade-Refraktor am Neujahrsmorgen 2011

Sonnenobservatorium mit Experimentalraum und Forschungsantenne e-Callisto

Das nächste große Projekt der Niederösterreichischen Amateurastronomen ist die Errichtung eines Sonnenobservatoriums. In einem anschließenden Experimental- und Vortragsraum sollen die Sonne und der Nachthimmel mit verschiedenen Experimenten vor allem Kindern und Jugendlichen nähergebracht werden. Über ein Videokabel kann das Bild der Sonne live in den Vortragsraum übertragen werden. Die Antenne e-Callisto ist eine Ergänzung zum Radioteleskop und soll im Rahmen der an der ETH Zürich beheimateten Kooperation e-Callisto für Forschungszwecke im Radiowellenbereich verwendet werden.

Öffentlichkeitsarbeit

Über 35.000 Besucher konnten bisher auf unserer Volksternwarte begrüßt werden. Besonders die Hauptveranstaltungen „Tag der Astronomie“, „Starparty“ und „Sternschnuppennacht“ sind nicht nur bei den Besuchern sehr beliebt, sondern finden auch regelmäßig Interesse bei vielen Medien. Zusätzlich zu den öffentlichen Führungen gibt es eine Vielzahl von Sonderführungen für Schulen oder Firmenausflüge.

Über die Homepage www.noe-sternwarte.at kann die Wetersituation über unsere Wetterstation mit Wetterkamera jederzeit abgerufen werden, was von vielen Gemeinden in der Region genutzt wird. Der monatliche Newsletter „Aktuelles am Sternenhimmel“ wird von über 450 Mitgliedern bezogen.

Lehren – Lernen – Experimentieren – Forschen

Astronomie für Kindergartenkinder, Volksschulkinder, Hauptschulkinder und Jugendliche höherer Schulklassen (Abb. 4).



Abb. 4: Schulklassen besuchen gerne die Sternwarte

Die **ANTARES-Kids-Gruppe** unter der Leitung von *Monika Lassinger* bietet den Kindern je nach Alter interessante Experimente zum Mitmachen, zum Beispiel ein „Astronautentraining“ (Abb. 5).



Abb. 5:
Astronautentraining
für Kids

Kinderuni im Sommer

Erforsche das Weltall – Ein Ausflug in die Astronomie. Kurse bei der Sommerakademie der Landeshauptstadt St. Pölten zum Thema Entdecken und Forschen für Kinder von 6 bis 13 Jahren werden geboten.

Kindersommerspiele

Auch an den jährlichen Kindersommerspielen in Herzogenburg/NÖ beteiligt sich die NÖ Volksternwarte.

Kindergärten

Auf Grund mehrerer Anfragen von Kindergärten wird nun begonnen, auch die Kleinsten für Sonne, Mond und Sterne zu begeistern.

Der Himmel auf Papier

Maria Pflug-Hofmayr

Nachts, wenn es dunkel wird, öffnet sich der Blick ins Weltall, und ferne Sterne und Sternensinseln werden sichtbar. Schon in den ältesten Kulturen der Menschheit finden wir Hinweise auf die Beobachtung des Himmels (Abb. 1).

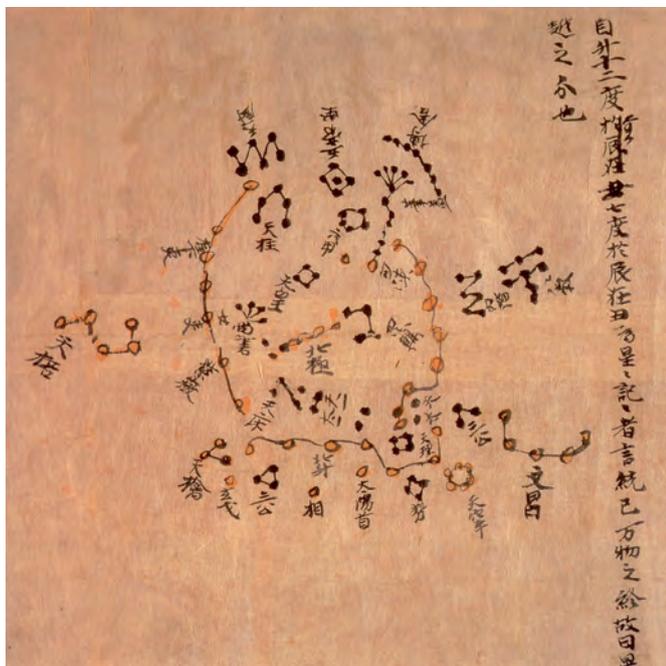


Abb. 1: Der Sternatlas von Dunhuang: Der älteste vollständige uns bekannte Sternatlas stammt aus der Zeit zwischen 649 und 684 und wurde 1907 in der Seidenstraßenstadt Dunhuang entdeckt.

Früher versuchte man, aus dem Lauf der Gestirne Rückschlüsse auf die Zukunft zu ziehen, doch spätestens seit Beginn der Neuzeit steht die Erforschung der Naturgesetze und der Aufbau des Universums im Vordergrund. Die Erfindung der Fotografie brachte die Menschheit diesem Ziel ein gewaltiges Stück näher.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts baute William Parsons, der dritte Earl of Rosse, in der irischen Grafschaft Offaly, einer der verregnetsten Gegenden der Welt, auf seinem Landsitz Birr Castle das größte Teleskop der damaligen Zeit. Doch obwohl er und seine Frau Mary Rosse sich auch der Fotografie widmeten, hielt Lord Rosse seine nicht unbedeutenden Entdeckungen mit Zeichenstift auf Papier fest. Was hinderte ihn daran, ein Pionier der Astrofotografie zu werden?

Zwei große Herausforderungen sind bei der Fotografie des Himmels zu bewältigen: die Lichtschwäche der darzustel-

Maria Pflug-Hofmayr betreut bei der Werbeagentur meta-physik e.U. (Schottenfeldgasse 63/1/2, 1070 Wien) Orion, das Online-Medium für Astronomie und Raumfahrt. E-Mail: office@derorion.com. (<http://www.der-orion.com/>)

lenden Objekte (jede Straßenlampe leuchtet heller als der Mond) und die Rotation der Erde, die dazu führt, dass Himmelsobjekte sich scheinbar bewegen, und die man ausgleichen muss, wenn man die Sterne punktförmig abbilden möchte.

In der Pionierzeit der Fotografie waren schon bei Tageslicht lange Belichtungszeiten erforderlich, um überhaupt ein Bild zu erhalten. Die ersten Himmelsobjekte, die fotografisch festgehalten wurden, waren naturgemäß relativ hell: Mond, Venus oder Sonnenfinsternisse. Die erste bekannte Aufnahme des Mondes stammt von John W. Draper, er fotografierte sie am 26. März 1840 auf seiner Dachsternwarte in New York City.



Abb. 2: Die älteste erhaltene Aufnahme des Mondes fotografierte John W. Draper am 26. März 1840 in seiner Dachsternwarte in New York City.

Der gewaltige „Leviathan von Parsonstown“ war nur in Nord-Süd-Richtung schwenkbar, wie auch die meisten anderen großen Spiegelfernrohre dieser Zeit, und konnte einem Gestirn nur wenige Minuten lang folgen – viel zu kurz, um es auf einer fotografischen Platte festzuhalten (Abb. 3). Daher blieb die Astrofotografie anderen vorbehalten.



Abb. 3: Zeitgenössisches Aquarell des Teleskops von Parsonstown, gemalt von Henrietta Crompton (http://en.wikipedia.org/wiki/Leviathan_of_Parsonstown#mediaviewer/File:Birr_Castle_by_Henrietta_Crompton.jpg [13.10.2014]);



Abb. 3a: Zeitgenössische Fotografie des Teleskops von Parsonstown

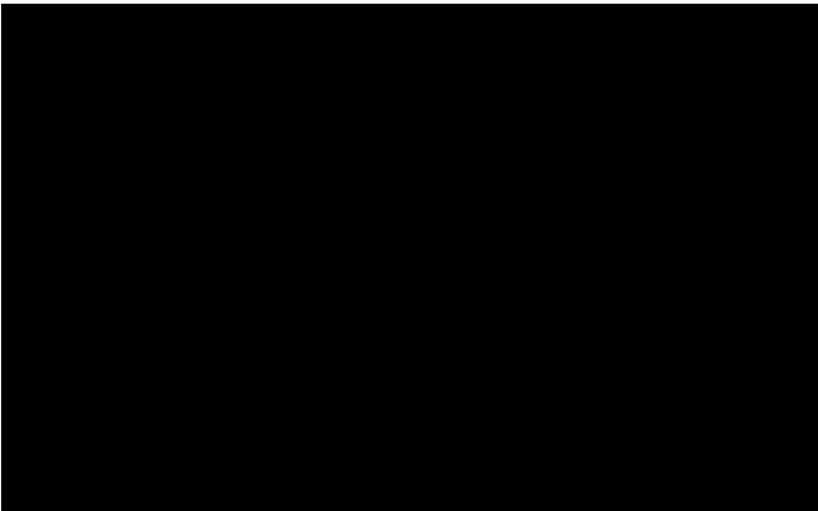


Abb. 4: Diese Zeichnung von William Parsons zeigt M 51 mit deutlicher Spiralstruktur.

Der Astronom William Parsons, 3. Earl of Rosse, hat es übrigens bis zum Mond geschafft. 1935 benannte die Internationale Astronomische Union nach ihm einen Mondkrater im Mare Nectaris unweit des nach dem Fotografie-Pionier benannten Kraters Daguerre.

Um die Erdrotation auszugleichen und Gestirne längere Zeit am Himmel zu verfolgen, werden parallaktische Montierungen gebaut. Die erste entwickelte 1610 der Jesuit Christoph Grienberger am Vatikanischen Observatorium für seinen Mitbruder Christoph Scheiner zur Sonnenbeobachtung.

Eine parallaktische Fernrohrmontierung besteht aus zwei Achsen, die im rechten Winkel zueinander stehen. Eine der Achsen ist parallel zur Erdachse gerichtet, sodass das Fernrohr einem Gestirn folgen kann. Die zweite Achse dient der Einstellung verschiedener Himmelsbreiten. Wenn man nun eine Kamera an einem Teleskop montiert, kann man schwache Objekte über einen langen Zeitraum verfolgen und fotografisch festhalten, ohne dass Sterne und Objekte durch die Erddrehung verzerrt werden.

Die Astrofotografie, die durch diese Verbesserung möglich wurde, führte zu einer Fülle neuer Entdeckungen, zum Beispiel, dass in ausgedehnten Staubschwaden neue Sterne entstehen, dass das Universum expandiert, oder dass am Rande des für uns beobachtbaren Universums Quasare unvorstellbar hell leuchten, die kurz nach der Geburt des Weltalls entstanden sind.

Der Blick in die Ferne ist immer auch ein Blick in die Vergangenheit: Da die Lichtgeschwindigkeit endlich ist, sehen wir Objekte niemals in der Gegenwart, sondern so, wie sie aussahen, als das von uns beobachtete Licht sie verlassen hat. Edwin Hubble fand unter anderem einen veränderlichen Stern in der Andromeda-Galaxie, den er zuerst für eine Nova hielt. Anhand der Perioden-Leuchtkraft-Beziehung des Sterns konnte er nachweisen, dass die Andromeda-Galaxie 2,5 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt und somit kein Teil der Milchstraße ist (Abb. 5).

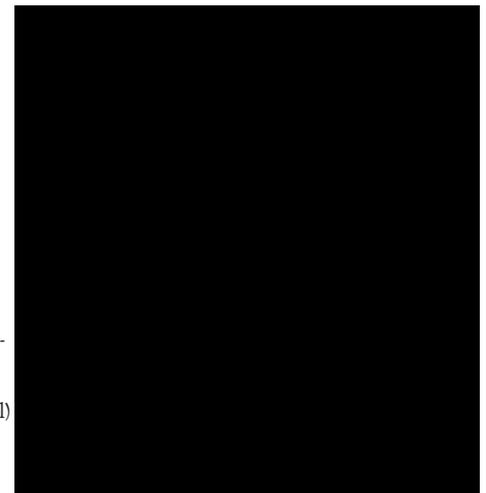


Abb. 5: Edwin Hubble, Plate of the Andromeda Galaxy mit dem variablen Stern N (roter Pfeil) 1923 (Image courtesy of the Hale Observatory).

Diese Entdeckung führte zu der Erkenntnis, dass Spiralnebel nicht innerhalb unserer Galaxis liegen, sondern weit entfernte, von der Milchstraße unabhängige Sternensinseln sind.

Die Himmelsforschung von der Erde aus ist jedoch zwei grundlegenden Einschränkungen unterworfen, da man nur durch die Erdatmosphäre hindurch beobachten kann. Die Lufthülle ist niemals ruhig, sondern ständig in Bewegung, wodurch fotografische Bilder – besonders wenn man große Teleskope einsetzt – unscharf werden. Daher legte schon 1946 Lyman Spitzer, damals Professor an der Yale-Universität, ein Konzept für ein Teleskop in der Erdumlaufbahn vor, das Jahrzehnte später mit zahlreichen im All stationierten Observatorien erfolgreich umgesetzt wurde, zum Beispiel dem Weltraumteleskop Hubble (Abb. 6).



Abb. 6: Das Weltraumteleskop Hubble-Weltraumteleskop, aufgenommen während der zweiten Servicemission 1997. Das Teleskop beobachtet das Weltall in einer Höhe von 569 Kilometern und ist somit völlig unbeeinträchtigt von der Erdatmosphäre. (Bild: NASA)

Die neueste Generation bodengebundener Teleskope kompensiert diese Luftunruhe erfolgreich mit beweglichen Spiegeln (Abb. 7a und Abb. 7b). Zu den leistungsstärksten Vertretern dieser Generation gehört das VLT der Europäischen Südsternwarte in Chile.

Eine Einschränkung, die vom Boden aus nicht kompensiert werden kann, ist die Filterwirkung der Luft. Wir sehen mit unseren Augen nur einen winzigen Ausschnitt des elektromagnetischen Spektrums, den wir als sichtbares Licht bezeichnen. Fast alle anderen Spektralbereiche werden von der Lufthülle der Erde ganz oder teilweise blockiert. Viele Prozesse im Kosmos sind jedoch im sichtbaren Licht praktisch unbeobachtbar, weil sie elektromagnetische Strahlung in ganz anderen Frequenzen aussenden: Radio- oder Mikrowellen, Infrarotlicht, Röntgen- oder Gammastrahlung. All diese Vorgänge kann man von der Erde aus nicht oder nur sehr eingeschränkt sehen.

Die Raumfahrt ermöglichte den Einsatz einer neuartigen Teleskopgeneration, die in diesen für uns unsichtbaren Spektralbereichen beobachtet und unser Blickfeld gewaltig erweitert. Zu diesen Weltraumteleskopen gehören das Röntgenteleskop Chandra, die Infrarot-Teleskope Spitzer und Herschel, das Gammastrahlenteleskop Fermi und viele andere. Zwar sind die Forschungsergebnisse, die mit die-

sen Teleskopen gewonnen werden, in der Öffentlichkeit kaum bekannt, weil sie weniger plakative Bilder liefern als das Weltraumteleskop Hubble, aus wissenschaftlicher Sicht sind diese Daten aber höchst wertvoll.

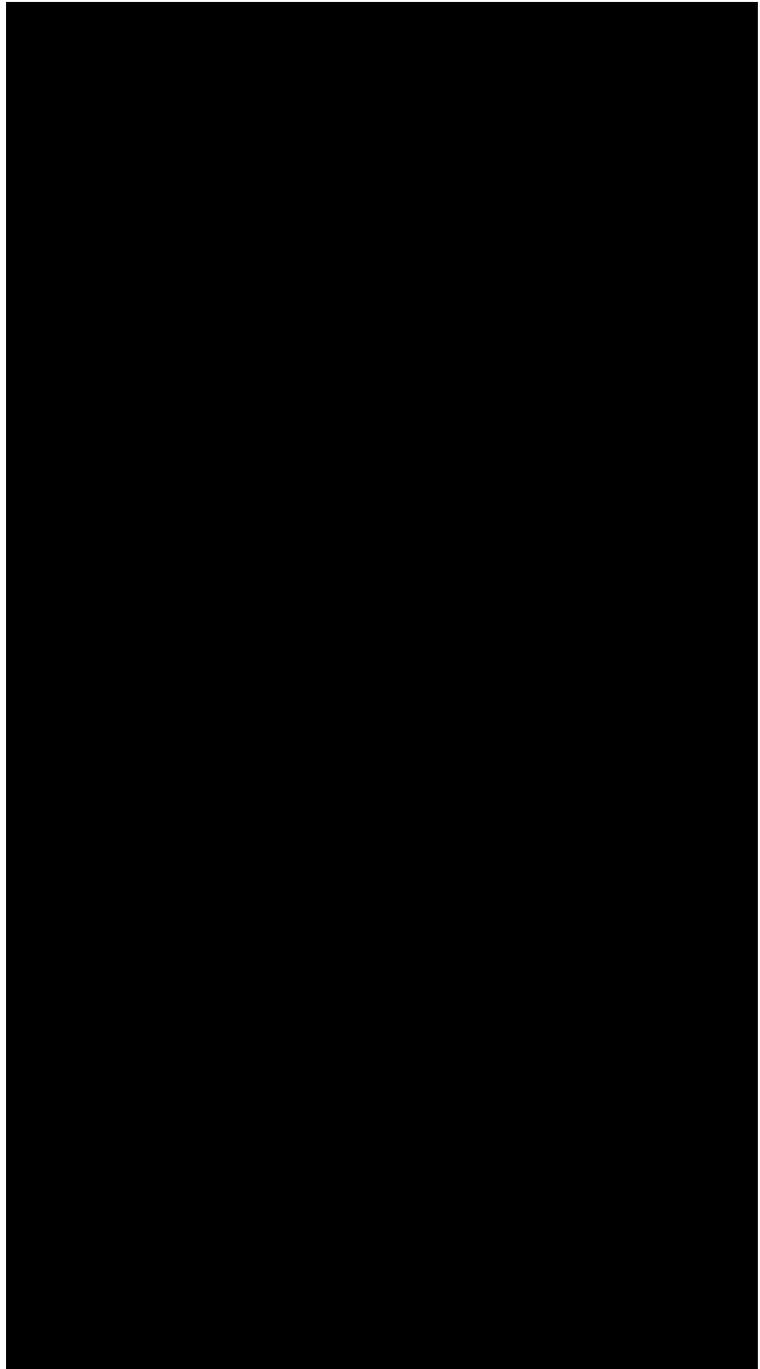
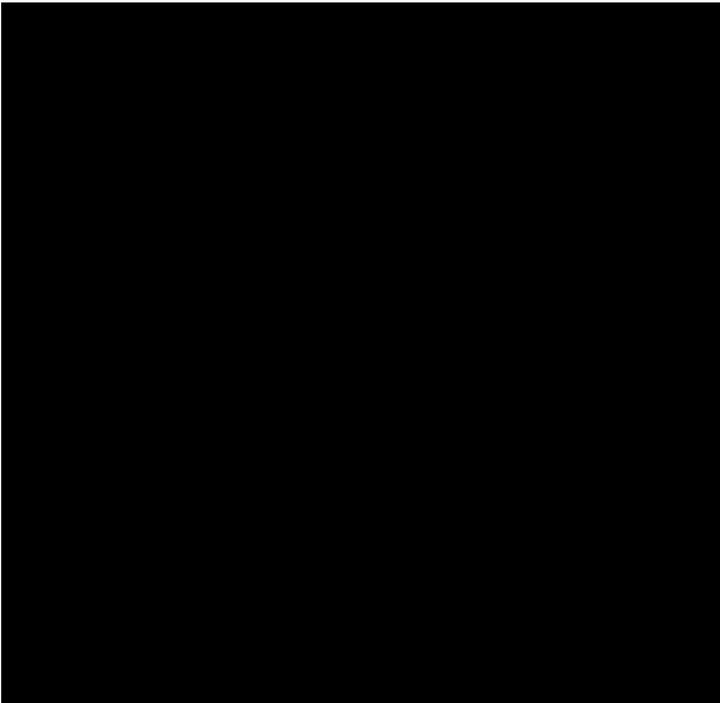


Abb. 7a und Abb 7b: Adaptive Optik
Um von der Erde aus bessere Bilder zu erzielen, simulieren Astronomen mit Laserstrahlen einen künstlichen Stern, vermessen mit diesem die Luftunruhe und korrigieren so die adaptive Optik von Teleskopen wie dem VLT.

Ein und dasselbe Objekt kann in unterschiedlichen Wellenlängen ganz unterschiedlich aussehen. Ein gutes Beispiel dafür ist der Nordamerika-Nebel. Im sichtbaren Licht ist deutlich eine Staubwolke erkennbar, die an den Kontinent Nordamerika erinnert. Beobachtet man aber dieselbe Region im Infrarotlicht, ist die vertraute Form nicht mehr zu erkennen, stattdessen treten zahlreiche Staubschwaden in den Vordergrund, die nur im Infrarotlicht sichtbar sind (Abb. 8).



an den Kontinent auf der Erde. Diese Struktur ist im Infrarotlicht nicht erkennbar, stattdessen treten je nach Wellenlänge ganz andere Strukturen zutage.

Langwellige Strahlung stammt von kalten Objekten wie interstellarem Staub, aber auch vom kosmischen Mikrowellenhintergrund, der das Nachleuchten des Urknalls darstellt. Kurzwellige Strahlung wie Röntgen- oder Gammastrahlung stammt hingegen von sehr energiereichen, heißen Objekten oder Prozessen, wie zum Beispiel Schwarzen Löchern, Neutronensternen oder Supernova-Explosionen.

Mit Beginn des Raumfahrtzeitalters wurde es auch möglich, Raumsonden zu Planeten und Asteroiden zu schicken und diese aus der Nähe zu betrachten. Der erste von der Menschheit besuchte Himmelskörper war natürlich der Erdmond. Die russische Raumsonde Luna 3 schickte das erste Bild der Rückseite des Mondes zur Erde, die bis dahin völlig unbekannt war. Die nächsten Ziele waren Mars und Venus, letztere wurde zur damaligen Zeit noch für einen bewohnbaren Planeten gehalten. Erst die russischen Venera-Sonden zeigten, wie unwirtlich und heiß der Schwesterplanet der Erde ist.

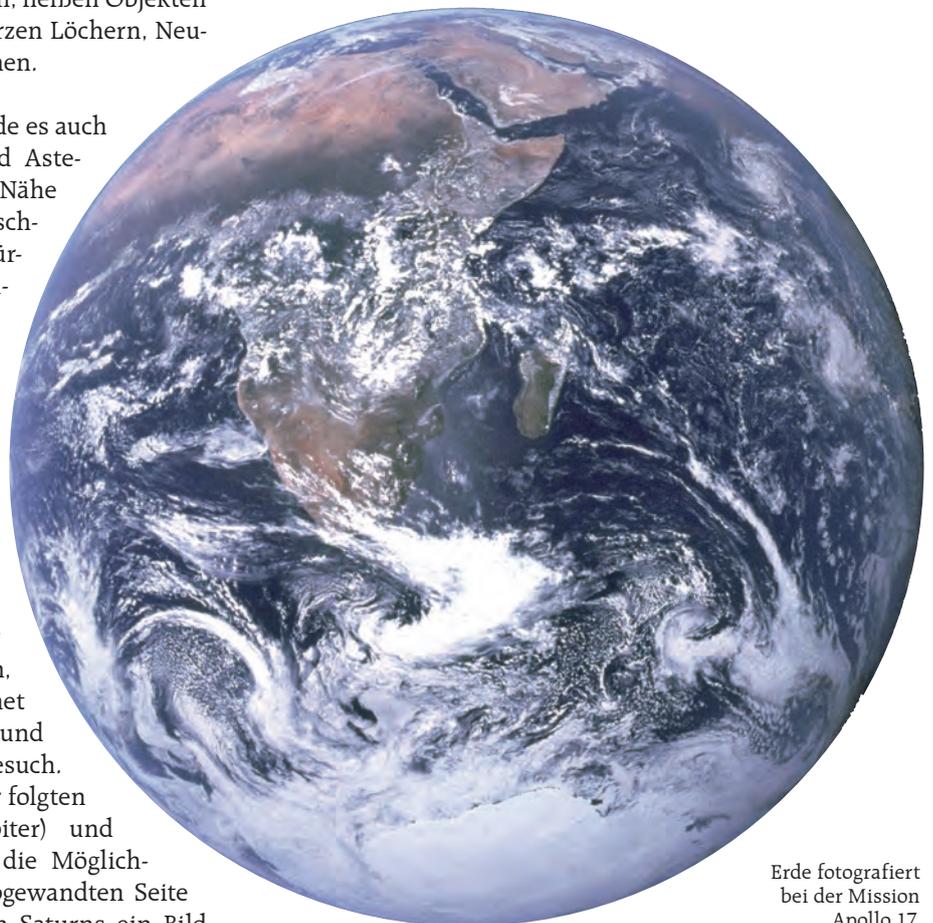
Schwierig zu erforschen sind nicht nur die äußeren Planeten Uranus und Neptun, sondern auch der sonnennächste Planet Merkur. Die Gasriesenplaneten Jupiter und Saturn erhielten vergleichsweise viel Besuch. Den Kurzmissionen Pioneer und Voyager folgten zwei Langzeitmissionen, Galileo (Jupiter) und Cassini (Saturn). Beide Sonden boten die Möglichkeit, diese Planeten auch von der erdabgewandten Seite zu betrachten. So entstand im Schatten Saturns ein Bild

der Raumsonde Cassini, das die von den Ringen beleuchtete Rückseite des Planeten zeigt; die Ringe selbst sind im Gegenlicht zu sehen (Abb. 9).



Abb. 9: Die Raumsonde Cassini fotografierte dieses leicht farberverstärkte Echtfarbenbild von Saturn im Schatten des Planeten mit Blick zur Sonne. Die Saturnringe sind im Durchlicht zu sehen, das zarte Licht, das die Nachtseite Saturns erhellt, wird von den Ringen reflektiert. (Foto: NASA Bild-Index: PIA08329)

Schließlich ermöglicht uns die Raumfahrt auch einen Blick von außen auf unsere Heimatwelt. Die Apollo-Missionen zeigten uns nicht nur die faszinierende Oberfläche des Mondes, sondern auch die Zerbrechlichkeit der Erde, fotografiert unter anderem von dem Geologen Harrison Schmitt bei der Mission Apollo 17. Heute liefern uns zahlreiche Erdbeobachtungssatelliten Informationen, zum Beispiel über das Wetter, Naturkatastrophen, Landnutzung oder den Klimawandel. Doch Bilder der ganzen Erde, wie sie während der Apollo-Missionen entstanden, können derzeit nur mit Sonden fotografiert werden, welche die Erde verlassen.



Erde fotografiert bei der Mission Apollo 17.

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/for_kids/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.

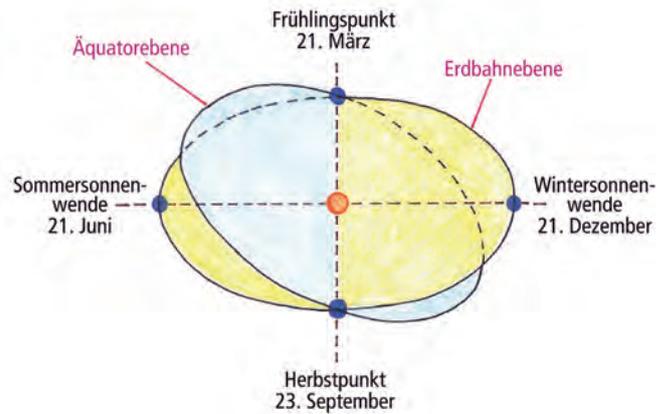


Abb. 1: Frühlings- und Herbstpunkt

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 eingeprägt, 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 .“

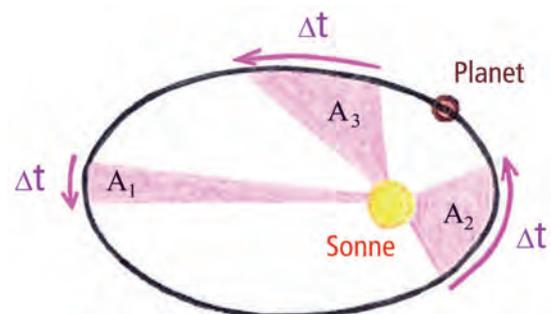


Abb. 2: Das zweite Keplersche Gesetz.

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?

Geheimnisse des Schattenstabs

Wie die alten Griechen den Himmel geometrisierten

Gerhard Rath

Der Schattenstab (Gnomon) gilt als eines der ältesten astronomischen Instrumente. Im Prinzip handelt es sich dabei nur um einen senkrecht aufgestellten Stift, beobachtet wird der Schattenlauf, insbesondere die Spitze des Schattens. Tatsächlich kann der „Stift“ als Obelisk auch viele Meter hoch werden und etwa als Stundenzeiger dienen. Doch steckt im Gnomon noch viel mehr!

Ich werde im Folgenden zeigen, wie in der griechischen Antike der Philosoph Anaximander (5. Jhd. v. Chr.) aus Beobachtungen am Schattenstab ein geometrisches Modell der Erde und des Weltalls entwickelte [1]. Am Ende noch einige Anregungen, wie man in der Schule Messungen mit dem Gnomon durchführen kann.

Längster und kürzester Schatten

Wir beginnen mit einem gedachten Experiment und verfolgen den Schattenlauf über ein ganzes Jahr. Sommer- und Winterbeginn sind recht leicht zu sehen: Zu diesen Zeiten ist der Mittagsschatten am kürzesten bzw. am längsten. (Abb. 1)

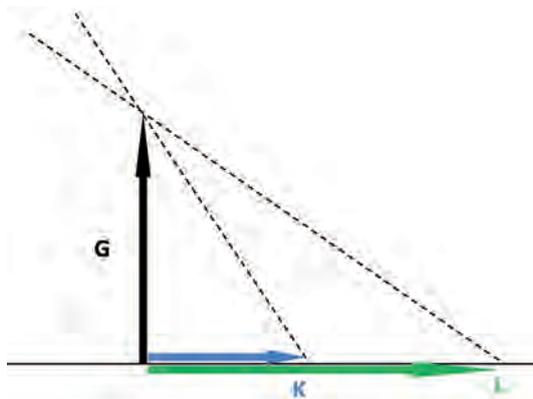


Abb. 1: G: Gnomon, K: Kürzester Schatten, L: Längster Schatten

Schwerer bestimmbar ist der Zeitpunkt der *Tag- und Nachtgleichen*. Die Schattenlänge liegt zwar irgendwo zwischen K und L, aber nicht linear in der Mitte! Genau hier erfolgt der Übergang zur geometrischen Betrachtung. Zeichnen wir einen Kreis mit Mittelpunkt am Ende von G. Dann finden wir den Schatten zu den Tag- und Nachtgleichen als Winkel-symmetrale zwischen G-K und G-L. (Abb. 2)

Dr. Gerhard Rath, Fachdidaktizentrum für Physik, Universität Graz und BRG Kepler Graz E-Mail: gerhard.rath@uni-graz.at

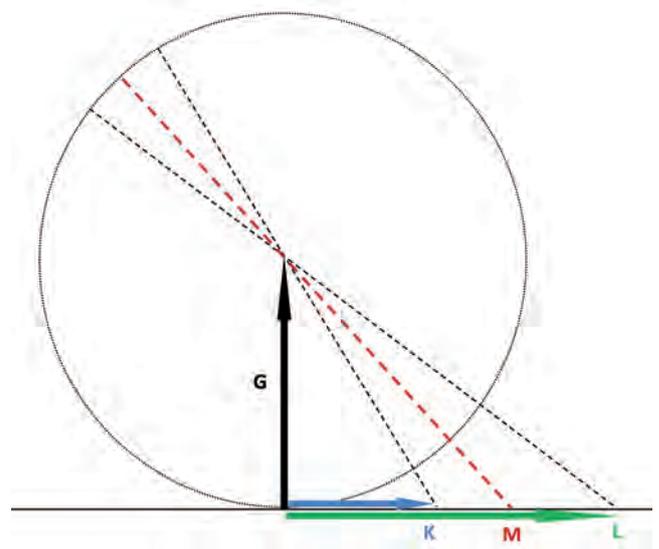


Abb. 2: M: Mittlerer Schatten

Modell der Erde

Was wir hier vor uns haben, kann als ein Modell unserer Erde gesehen werden. Die Spitze von G befindet sich im Erdmittelpunkt, die 3 Linien zu K, M und L markieren die Einfallrichtung der Sonnenstrahlen zu Sommer-, Frühlings (bzw. Herbst)- sowie Winterbeginn. Somit markiert die Linie zu M auch den Äquator der gedachten Erde.

Normal darauf steht die Richtung der Erdachse, die ganze Kugel liegt im Winkel der geografischen Breite ϕ , auf die Messung erfolgt (Abb. 3).

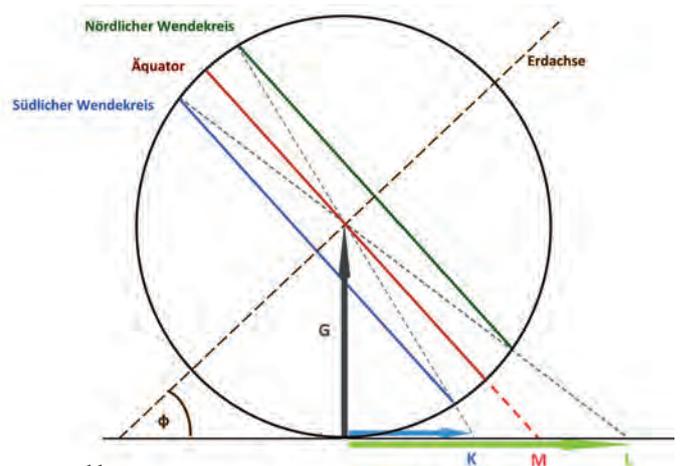


Abb. 3

Modell des Himmels

Gehen wir noch einen Schritt weiter, von der Erde in den Weltraum. Die gedachte Kugel (in Abb. 3 die Erde) können wir auch als Himmelskugel sehen! Dazu denken wir uns die Erde ganz klein im Mittelpunkt, sozusagen an der Spitze des Gnomons; wir auf unserem Beobachtungsort stehen „oben“. Dann stellt der Kreis die Himmelskugel dar, der Äquator wird zum Himmelsäquator, die Erdachse zeigt zum Polarstern. Dessen Höhe gibt uns auch wieder unsere geografische Breite. Über unserem Kopf befindet sich der Zenit. Die Winkel zwischen Äquator und K bzw. L betragen $23,5^\circ$, sie markieren die Ekliptik – das ist die scheinbare Bahn der Sonne über den Himmel im Laufe eines Jahres. (Abb. 4)

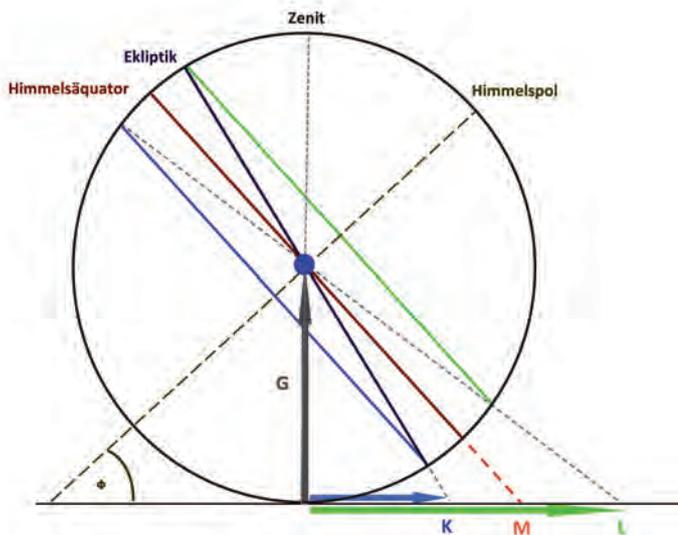


Abb. 4: Modell des Himmels

Messungen am Schattenstab

Praktische Messungen sind in der Schule gar nicht so einfach durchzuführen. Den Schatten über mehrere Stunden zu markieren, kann aber als Heimversuch gegeben werden. Dazu wird ein A4-Blatt auf einem sonnigen Platz ungefähr nach Süden ausgerichtet, in der Mitte der südlichen Seite wird ein Bleistift aufgestellt (Abb. 5).

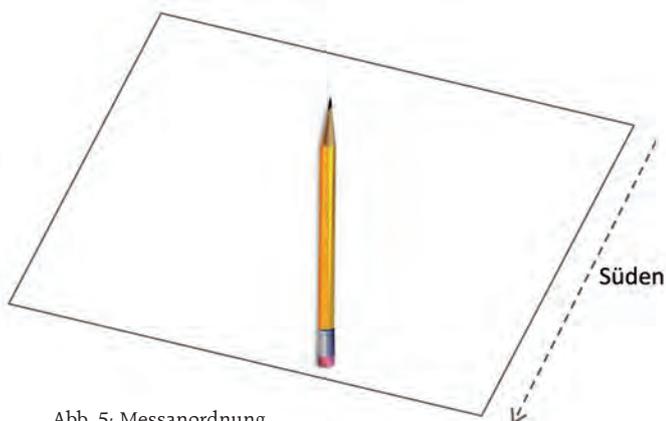


Abb. 5: Messanordnung

Wichtig: Die Position des Stiftes muss markiert werden, der Stift muss möglichst lotrecht stehen, das Blatt genau waag-

recht liegen. (Wasserwaage). Eigentlich reicht es dann, im Tagesverlauf mehrmals die Spitze des Schattens zu markieren.

Es ergeben sich die bekannten Schattenlinien: zu den Tag/Nachtgleichen eine Gerade, im Winter und Sommer Hyperbeln [2]. Für genaue Messungen mit einfacher Auswertung empfiehlt sich jedoch die Zeit um Frühlings- oder Herbstbeginn.

- Schon aus 2 Messpunkten (am besten am Vor- und Nachmittag) können wir die Gerade der Schattenspitzen zeichnen. Der Normalabstand zur Position des Bleistifts gibt uns die genaue Südrichtung und zugleich die kürzeste Schattenlänge.
- Daraus lässt sich die geografische Breite bestimmen (Abb. 6). Die Erklärung liefert Abb. 3, wir haben ja zur Tag/Nachtgleiche gerade den mittleren Schatten M. Durch Vergleich mit GPS-Daten können wir so auch die Genauigkeit unserer Messung abschätzen.

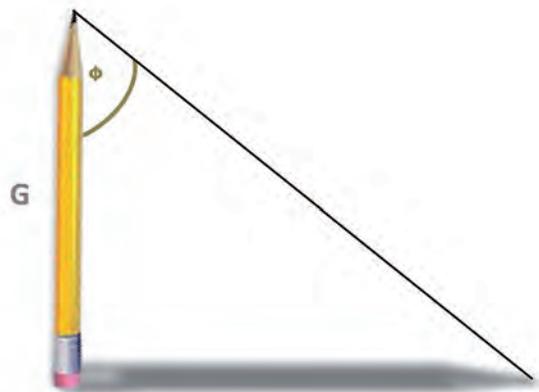


Abb. 6: Bestimmen der geografischen Breite

Das rechtwinklige Dreieck kann aufgezeichnet und der Winkel abgemessen werden. Damit haben wir eine Methode angewandt, wie sie wahrscheinlich schon Anaximander verwendete, der uns auf so geniale Weise gezeigt hat, wie man daraus ein Modell des Weltalls entwickeln kann.

Literatur

- [1] Szabo, A.: Anfänge der Astronomie bei den Griechen. In: Sterne und Weltraum 1984/10, S. 498 ff
- [2] Winnenburg, W.: Jeden Morgen geht die Sonne auf – Astronomie am Tage. In: Astronomie und Raumfahrt 3/06, S. 12 ff

Das Deckblatt

Das Deckblatt stellt die rotierende Erde dar, den sich drehenden Horizont des Beobachters. Folgerichtig wird es durch eine 24 Stunden-Skala begrenzt.

Die Horizontlinie mit den Himmelsrichtungen trennt den sichtbaren vom nicht sichtbaren Himmelsausschnitt (dieser befindet sich sozusagen gerade hinter der Erde). Die Nord-Süd-Linie stellt den Meridian dar, auf ihr liegt der Zenit Z, das ist der Punkt senkrecht über dem Kopf des Beobachters.

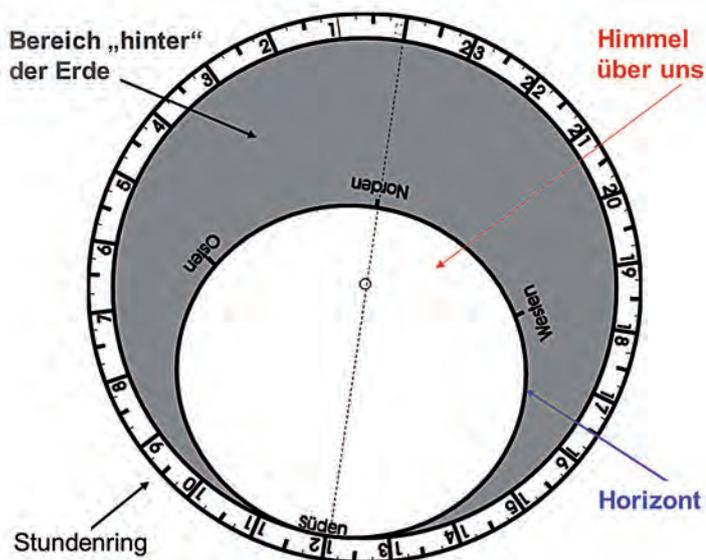


Abb. 2: Die Deckfolie

Grundaufgaben

Einstellen des aktuell sichtbaren Sternenhimmels

Dazu wird die Uhrzeit mit dem Datum zur Deckung gebracht. Das Sichtfenster zeigt dann den sichtbaren Sternhimmel, in Abb. 3 für den 10. April um 20 Uhr. Wir erkennen, dass der gleiche Sternenhimmel am 10. März um ca. 22 Uhr zu sehen ist, oder am 10. Jänner um ca. 2 Uhr früh. Bei Himmelsbeobachtung wird die Karte dann so gehalten, dass jene Himmelsrichtung nach unten zeigt, in die man gerade schaut. Es darf nicht vergessen werden, dass das kleine Sichtfenster der Sternkarte den ganzen Himmel zeigt.

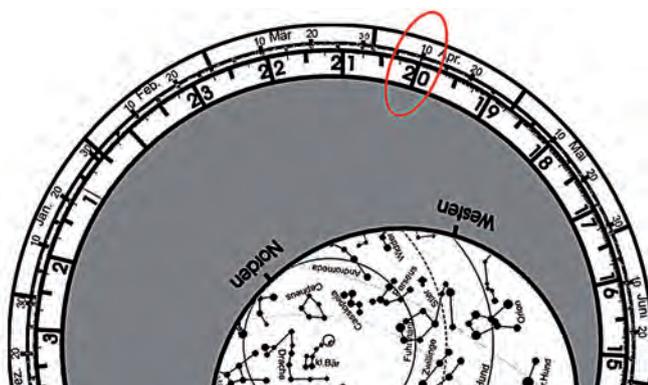


Abb. 3: Einstellen der Zeit

Verfolgen des Sonnenlaufs

Die aktuelle Position der Sonne auf dem Grundblatt findet man durch Zuordnung des Datums (Datumsring) zur Ekliptik. Dazu dreht man am besten das Deckblatt mit der N-S-Linie auf das aktuelle Datum, der Schnittpunkt mit der Ekliptik zeigt die Position der Sonne. Sie bewegt sich dann dem Datum folgend gegen den Uhrzeigersinn. Deutlich verständlich werden die Jahreszeiten, wenn man ihre Höhe am Himmel (entspricht ihrem Abstand vom Rand der Sternkarte) verfolgt: Beginnend mit dem Frühlingspunkt (21. März) durchquert die Sonne die nördliche Hemisphäre und steigt immer höher bis in den Juni (Stier/Zwillinge), dann wieder hinab zum Herbstpunkt (23. September). Dort betritt sie die südliche Hemisphäre und erreicht ihren tiefsten Bereich im Dezember (Skorpion).

Hier drängt sich ein Seitenblick zur Astrologie auf. Die Sonnenposition im Tierkreis bestimmt ja unser Geburtssternzeichen. Es fällt sofort auf, dass diese nicht mit der eben bestimmten Sonnenstellung übereinstimmen. So liegt der Frühlingspunkt (21. März) im Sternbild Fische, im Horoskop beginnt dort das Sternzeichen Widder. Grundsätzlich müssen hier Sternbilder als definierte Bereiche am astronomischen Himmel von Sternzeichen unterschieden werden: Letztere stellen 30°-Abschnitte auf der Ekliptik dar. Physikalische Ursache der Abweichung ist die Präzessionsbewegung der Erdachse. Schon im antiken Griechenland wurde die Abweichung bemerkt, welche zur Folge hat, dass der Frühlingspunkt samt den damit verbundenen Jahreszeiten langsam durch den Kalender wandert. Damals wurde sowohl der Kalender als auch das astrologische System der Horoskope an den Lauf der Sonne gekoppelt: Am 21. März beginnt immer Frühling und zugleich das Sternzeichen Widder. Dies hat allerdings zur Folge, dass die „echten“ Sterne davon entkoppelt wurden. Im Sternzeichen Widder befinden sich aktuell Sterne aus den Sternbildern Fische und Wassermann.

Auf- und Untergänge

Am Beispiel der Sonne lässt sich zeigen, wie man Auf- und Untergangszeiten bestimmt (Abb. 4). Hat man ihre Position bestimmt, dreht man die Deckfolie so, dass die östliche Horizontlinie sich mit der Sonnenposition schneidet. Am aktuellen Datum lässt sich dann die Uhrzeit des Sonnenaufgangs ablesen – im Bild 1. Dez – 8:15. Entsprechend bestimmt man Untergangszeiten mit der westlichen Horizontlinie.

Deutlich sichtbar wird, dass die Sonne hier nicht im Osten aufgeht, sondern im Südosten. Es lässt sich also auch bestimmen, wo die Sonne auf- bzw. untergeht. Nur für die Tage um Frühlings- und Herbstbeginn ist dies genau Osten bzw. Westen.

Auf- und Untergänge können natürlich genauso für Sterne bestimmt werden – außer natürlich bei den Zirkumpolarsternen, die niemals den Horizont unterschreiten.

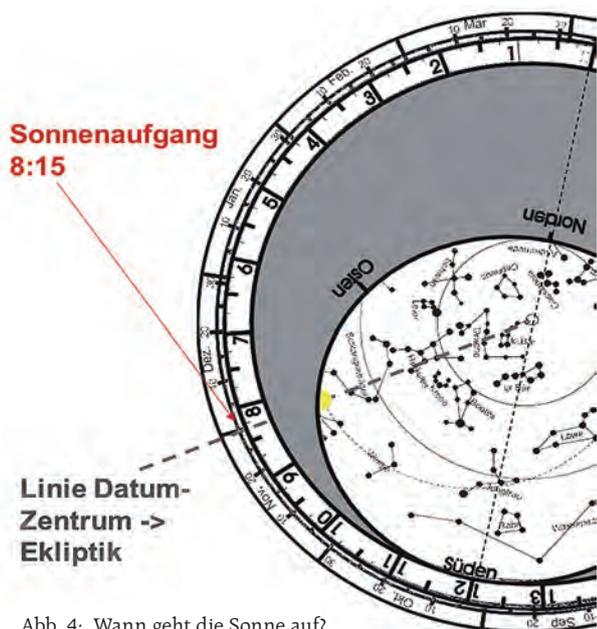
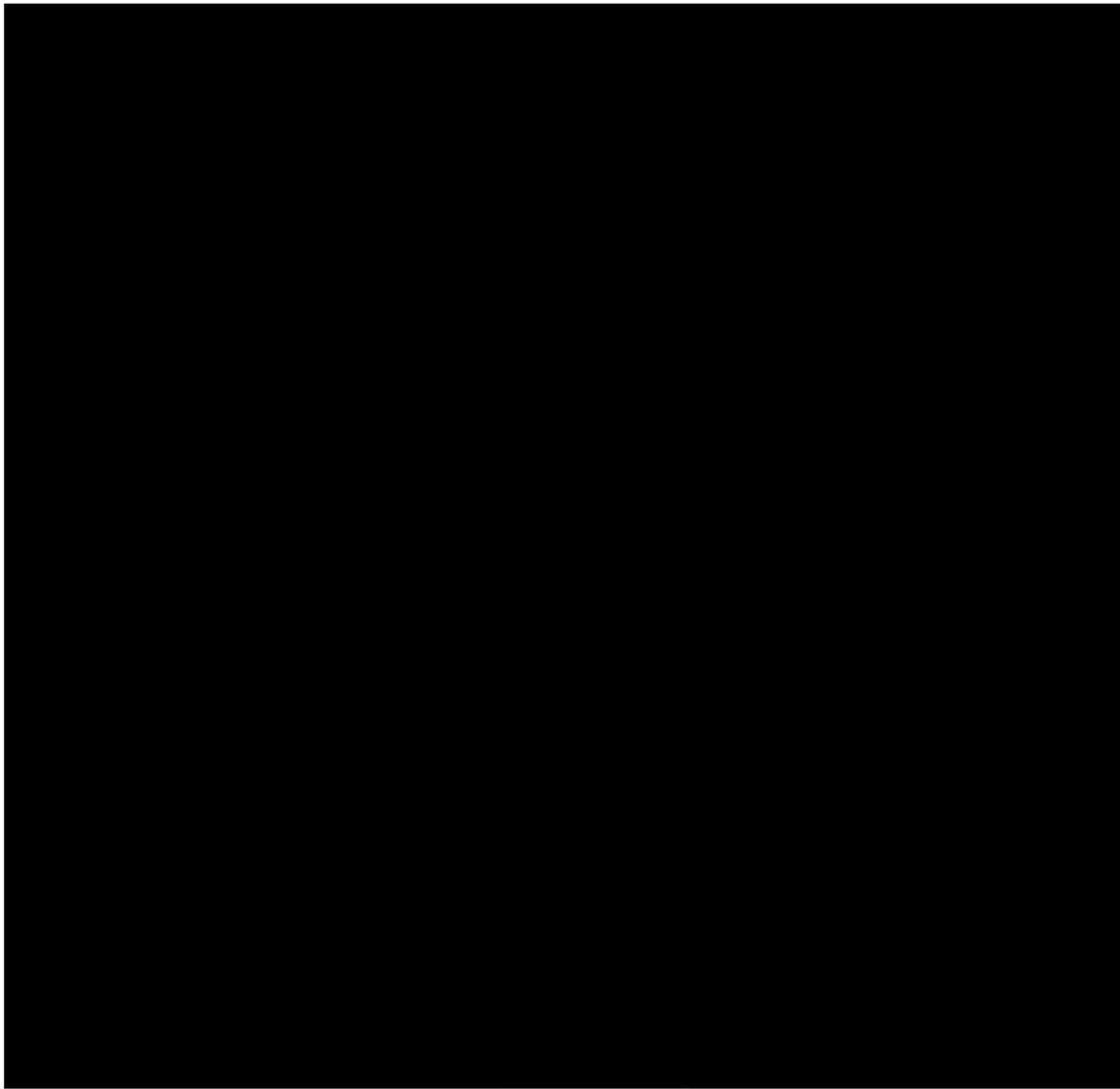


Abb. 4: Wann geht die Sonne auf?

Wie bewegt sich der Mond am Himmel? Wo befindet er sich gerade? Aus dem Kalender lässt sich leicht seine aktuelle Phase entnehmen, oft wird auch das Tierkreiszeichen angegeben, in dem er sich befindet. Auf der Sternkarte ist er als bewegliches Objekt natürlich nicht eingezeichnet, trotzdem können wir seine Position näherungsweise bestimmen. Bei Neumond steht er in der Nähe der Sonne, bei Vollmond steht er ihr gegenüber, ungefähr auf der Ekliptik. Wie die Sonne läuft er gegen den Uhrzeigersinn über die Ekliptik, allerdings braucht er für ein Sternbild nur ca. 3 Tage.

Wir verstehen nun die romantischen, großen Vollmonde im Sommer:

Da steht die Sonne im höchsten Teil der Ekliptik (Stier/Zwillinge), der Mond gegenüber im tiefsten. Er steht also die ganze Nacht eher niedrig am Himmel, was ihn für uns größer erscheinen lässt. Im Gegenzug wirken die hochstehenden Wintervollmonde eher klein und unromantisch.



...en Fachdidaktikzentrums
 ...niversität Maribor wurde
 ...it verbreitete Sternkarte
 ...tiert. Die drehbare Stern-
 ...ROG [2] wurde speziell
 ...che Zwecke entwickelt.
 ...besteht aus einem festen
 ...blatt (beschichteter Kar-
 ...und einer Deckfolie.
 ...as kann sie mehr als die
 ...infache, selbst gebaute?

Zuerst einmal ist sie we-
 ...sentlich genauer. Dies
 ...erkennt man schon am
 ...außen liegenden Uhr-
 ...zeitring, der eine Skalen-
 ...teilung von 10 Minu-
 ...ten aufweist.

Der Datumsring (mit
 ...farbigen Jahreszeiten)
 ...hat einen Skalenstrich
 ...pro Tag, die Karte zeigt
 ...also den Himmel auf
 ...ca. 10 Minuten genau.
 ...Im Datumsring befin-
 ...det sich eine weitere
 ...24 Stunden-Skala, wel-
 ...che bei der einfachen
 ...Sternkarte bewusst
 ...weggelassen wurde,
 ...die **Rektaszension**,
 ...auch als dünnes Grad-

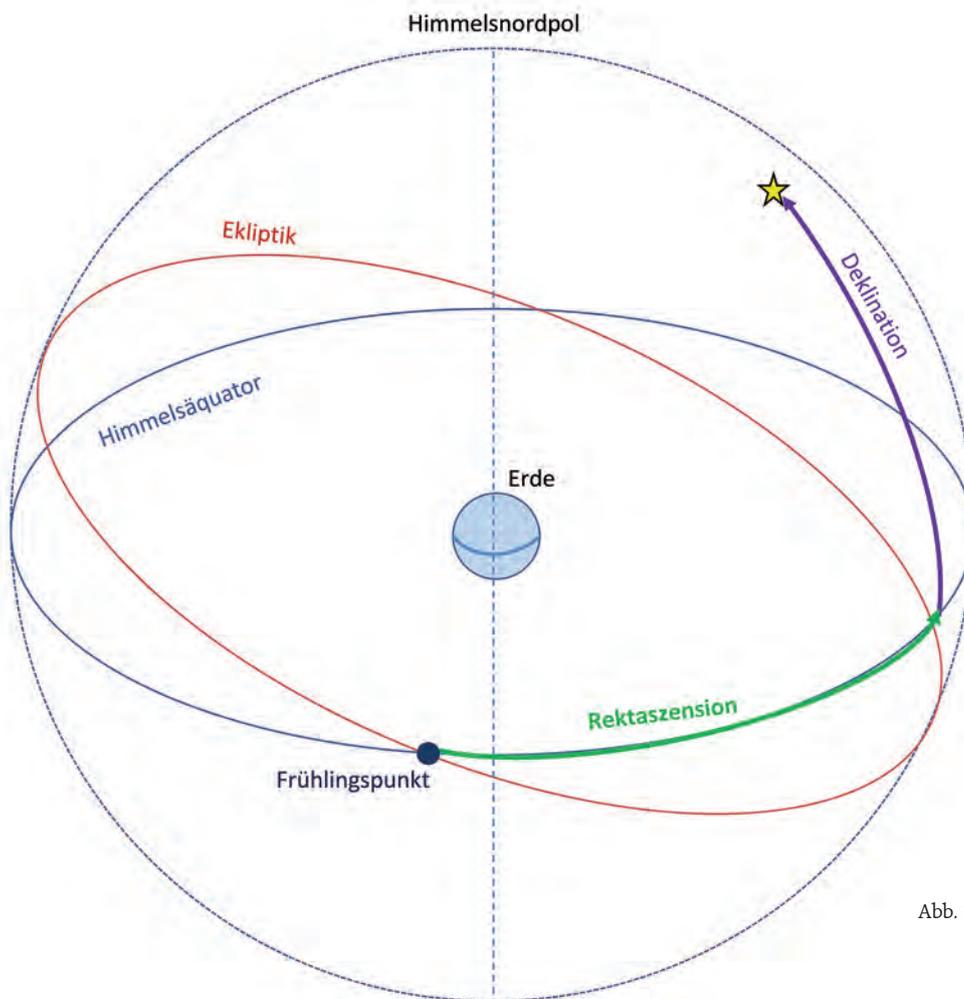


Abb. 6: Himmelskugel und Äquatorsystem

netz erkennbar. Sie ist eine der beiden Winkelkoordinaten im astronomischen Äquatorsystem (Abb. 6) und wird üblicherweise in Zeiteinheiten angegeben, beginnend beim Frühlingspunkt. Auch die Deklination, also der Winkel über bzw. unter dem Äquator, findet sich auf der Sternkarte: Als Winkelskala auf der Meridianlinie (Deckfolie).

Neben den Namen der Sternbilder sind die Namen der hellsten Sterne angegeben, zu finden sind auch die wichtigsten Messier-Objekte (Sternhaufen, Galaxien...). Natürlich bildet die Rückseite eine ausführliche Legende mit Erklärungen, und zusätzlich 5 Aufgaben, die zeigen sollen, was man mit so einer Karte alles anstellen kann, auch im „Trockentraining“.

- Zu welcher Uhrzeit geht der Stern Spica (Sternbild Jungfrau) am 22. Jänner auf?
- Zu welcher Uhrzeit kulminiert der Stern Altair am 10. August?
- Zu welcher Uhrzeit geht der Stern Regulus (Sternbild Löwe) am 25. Februar unter?
- Wann geht die Sonne am 1. Oktober auf?
- Wann beginnt die astronomische Nacht am 1. Dezember?

Die Sternkarte ist für 11,- Euro beim Autor erhältlich.

Resümee

Nach meinen Erfahrungen macht schon das Basteln von Sternkarten Spaß, sowie in der Folge die Verwendung dieser Werkzeuge. Sie ergänzen sich gut mit elektronischen Tools und erfordern einiges an Denkleistung und Vorstellungskraft, wenn man etwas hinter die Kulissen blickt. Für den Einstieg reicht die selbst gebaute Sternkarte, sie kostet wenig und kann auch selbst ausgestaltet und beschriftet werden. Für Kinder kann etwa das Zeichnen eigener Sternbildfiguren motivierend sein. Für Interessiertere zahlt sich die professionelle Sternkarte aus. Wenn man entsprechende Wahlpflichtfächer oder Kurse in der Schule anbietet, empfiehlt sich der Kauf eines Satzes in Gruppenstärke.

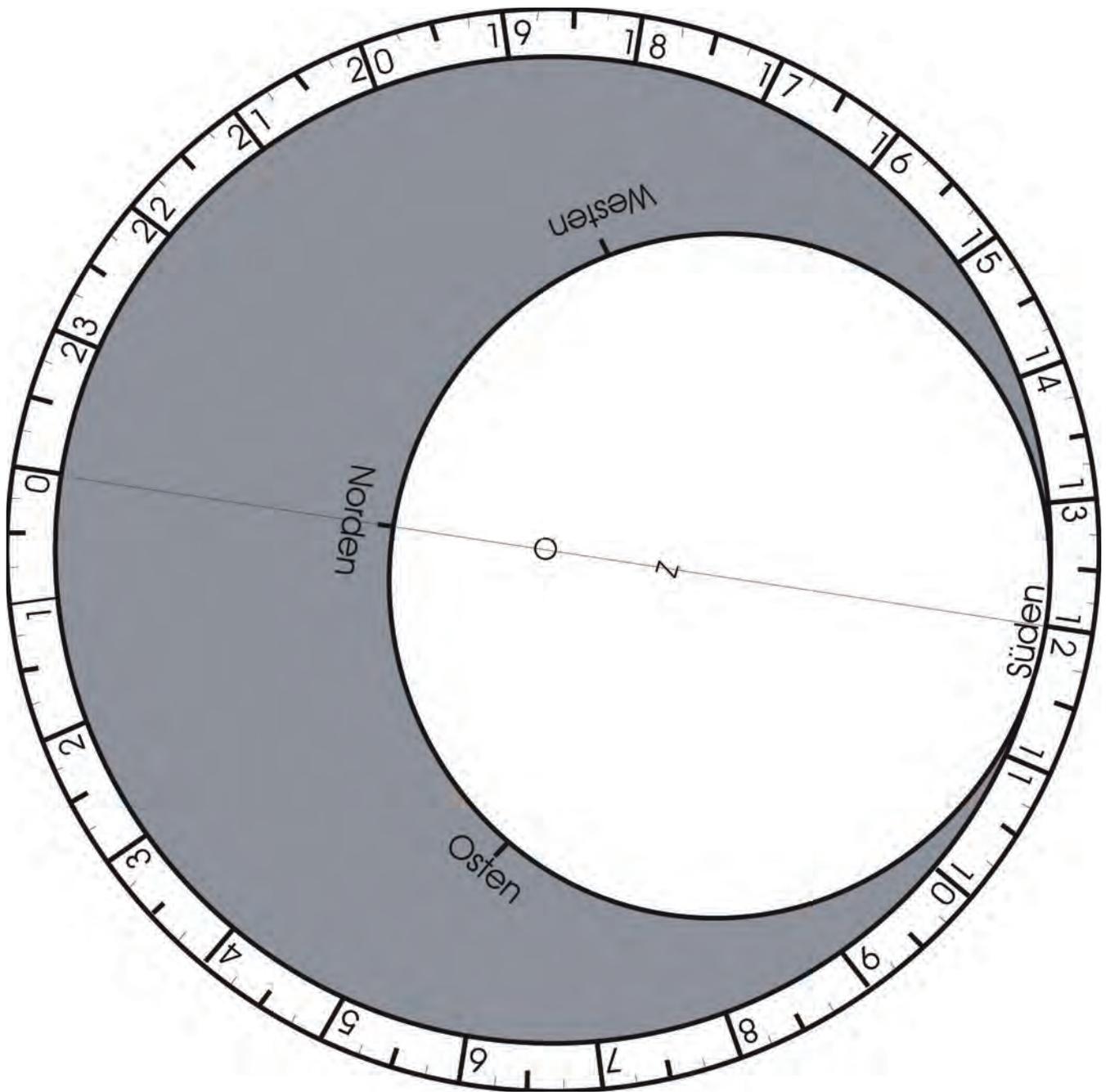
Literatur

- [1] Drehbare Sternkarte von Michael Uhlmann: <http://www.infodrom.north.de/~muh/Astronomie/Drehbare/>
 [2] <http://www.ntbrog.com/astromija/index.html>

Weitere Vorlagen im Internet:

- http://www.star-shine.ch/astro/selbstbau_sternkarte/
<http://sternwarte-recklinghausen.de/interaktiv/bastelboegen/>
http://lehrerfortbildung-bw.de/allgschulen/gy/wis/workshop5/info_sternkarte.pdf

Sternkarte Deckblatt



Lernendes Forschen am Projekt Sonnenuhr

Materialsammlung mit Bastelvorlagen für fächerübergreifenden Unterricht

Nicolette Doblhoff

Wenn es uns gelingt,

- o Begeisterung hervorzurufen,
- o Neugier zu wecken,
- o zum Nachdenken anzuregen,
- o Freude in den Unterricht zu bringen,
- o zum Fragen anzuregen,
- o zu zeigen, dass Mathematik „schön“ sein kann,
- o und zu zeigen, dass man das Wunder der Schöpfung mit mathematischen Methoden berechnen kann,

dann wird fröhliches und forschendes Lernen fast schon zur Selbstverständlichkeit.

Fächerübergreifendes Arbeiten, Forschen, Fragen, Reflektieren und Problemlösen ist besonders für begabte und hochbegabte Schülerinnen und Schüler unerlässlich und notwendig, kann jedoch auch bei mathematisch nicht so interessierten Schülerinnen und Schülern dazu führen, dass sozu-sagen „der Knopf aufgeht“ und plötzlich das Interesse, ja sogar die Liebe zum Fach erwacht. Denn jede Schülerin und jeder Schüler weist unterschiedliche Fähigkeiten, Interessen und Begabungen auf. Es liegt an uns Lehrerinnen und Lehrern, diese zu erkennen und das Potenzial der Jugendlichen bestmöglich zu fördern.

Wesentlich ist, dass wir mit unseren Schülerinnen und Schüler den Kanon der einzelnen Fächer durchbrechen und Brücken bauen, Querverbindungen suchen, Zusammenhänge erkennen und Verknüpfungen bilden.

Im Folgenden wird ein Projekt vorgestellt, das im Rahmen des Regelunterrichts in der Unter- wie auch in der Oberstufe fächerübergreifendes Arbeiten und forschendes Lernen in Mathematik, Physik, Informatik, Geschichte, Geographie, Religion und Kunst ermöglicht.

Die hier angebotene fertige Arbeitsanleitung kann gerne kopiert werden. In ihr sind die physikalischen und mathematischen Grundlagen zum Thema Sonnenuhr in einer für den Schulunterricht geeigneten und vereinfachten Weise zusammengefasst. Zwei Bastelvorlagen ermöglichen den Bau von Sonnenuhren (Äquatorial-, Horizontal- und Vertikalsonnenuhr) auf einfache Weise.

Dipl.-Ing. Mag. Nicolette Doblhoff-Dier unterrichtet Physik, Mathematik und Informatik am Gymnasium Maria-Regina, 1190 Wien. Für ihren projektorientierten und fächerübergreifenden Unterricht erhielt sie 2012 den Roman-Sexl-Preis der ÖPG. eMail: nicolette.doblhoff@gmx.at



Das Projekt lässt sich fächerübergreifend in beliebig umfangreicher Weise auf eine Reihe von weiteren Unterrichtsgegenständen erweitern.

So kann im Geschichtsunterricht, ebenso wie auch im Physikunterricht ein Bogen von den ersten Sonnenuhren bei den Chinesen und Ägyptern bis zu modernen Atomuhren gespannt werden. Obelisk und Nilüberschwemmungen können ebenso besprochen werden wie die mathematischen Leistungen der Babylonier oder die Notwendigkeit einer genauen Zeitmessung für die pünktliche Einhaltung der Gebete in den Klöstern des Mittelalters.

Die Schülerinnen und Schüler können sich auf die Suche nach Sonnenuhren auf Kirchen, Klöstern und anderen Gebäuden machen und im Kunstunterricht die architektonischen, historischen und künstlerischen Unterschiede der Sonnenuhren aus unterschiedlichen Zeitepochen besprechen, aber vor allem auch nach selbst entwickelten Entwürfen eigene kreativ gestaltete Sonnenuhren bauen.

Artikel zu Sonnenuhren sind auch in älteren Ausgaben zu finden:

Plus Lucis 1-2/2008: Unsere Uhren gehen falsch! – Sylvia Srabotnik

Plus Lucis 1-2/2007: Tragbare Sonnenuhren in Europa ab 1400 – Ilse Fabian

Plus Lucis 4/1995: Projekt Sonnenuhr – Ilse Fabian

Die Äquatorialsonnenuhr

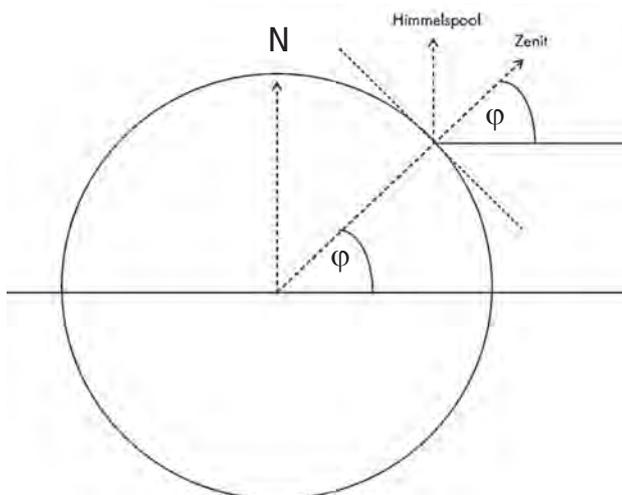
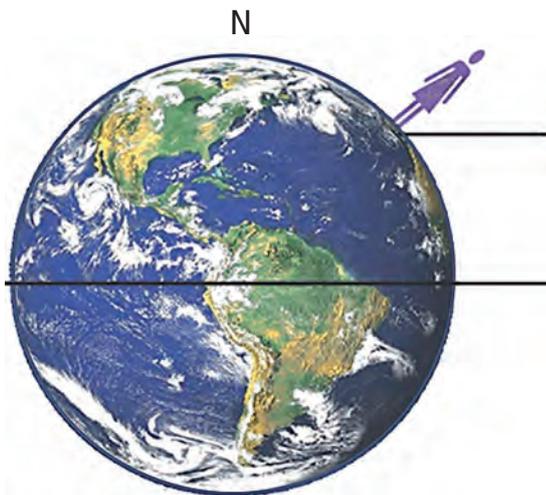
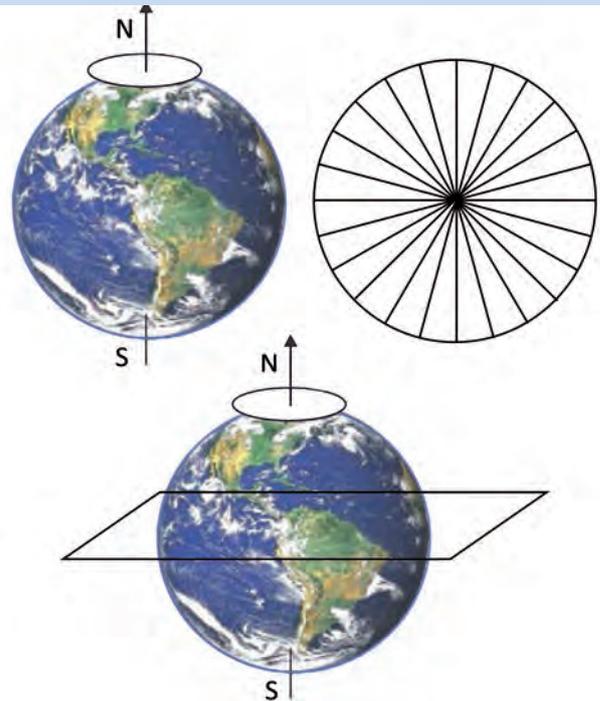
Stell dir eine Sonnenuhr vor, die ganz genau am Nordpol steht. Sie besteht aus einem Stab für den Schatten und einer kreisrunden Scheibe mit 24 Teilungen.

- ? Überlege: Der Tag hat 24 Stunden. Wie viel Grad ergeben sich dann für eine Stunde?
- ? Woher weiß man am Nordpol, wo man die Markierung für 12 Uhr Mittag eintragen muss?

Stell dir jetzt eine Ebene vor, die genau durch den Äquator geht und parallel zu jener Sonnenuhr ist, die auf dem Nordpol steht.

Wenn die Erde durchsichtig wäre und man vom Südpol zum Nordpol einen Stab durchstecken könnte, dann wäre die Winkelteilung für diese Sonnenuhr, die in der Äquatorebene liegt, genau gleich wie die Winkelteilung der Sonnenuhr, die auf dem Nordpol steht.

Aus diesem Grund nennt man so eine Sonnenuhr, die genau parallel zur Äquatorebene liegt: **Äquatorialsonnenuhr**



Wie aber kann man eine Sonnenuhr machen, wenn man nicht auf dem Nordpol wohnt?

Wie du aus der Abbildung erkennen kannst, kannst du auch auf einer geographischen Breite von z.B. 48° eine Sonnenuhr so aufstellen, dass sie parallel zum Äquator ist.

Nur wird dir diese Sonnenuhr – dort wo du stehst – „schief“ vorkommen. Das macht aber nichts!

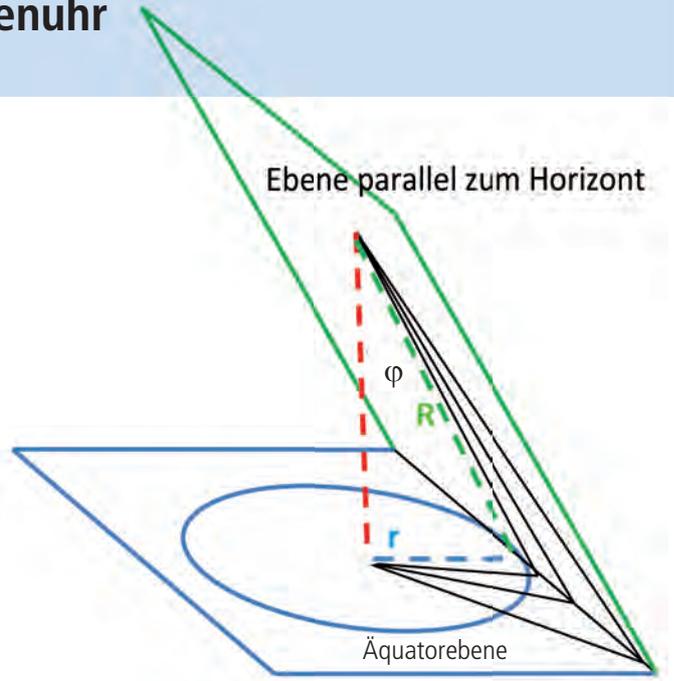
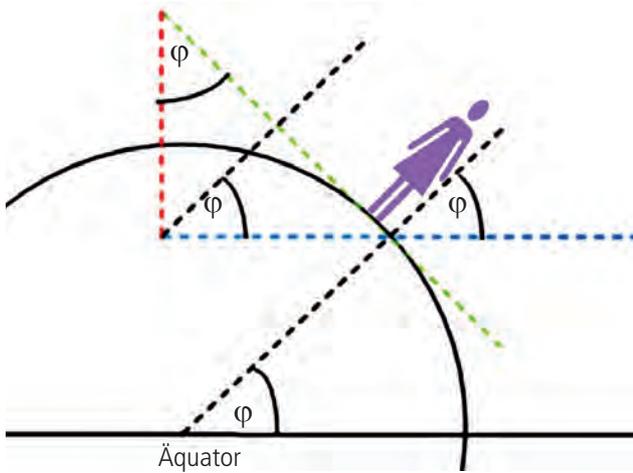
Eine so aufgestellte Sonnenuhr nennt man ebenfalls **Äquatorialsonnenuhr**, weil sie parallel zur Äquatorebene ist.

In der Abbildung steht der Winkel φ für die geographische Breite. (In Wien: $48,2^\circ$ nördliche Breite)

- ? Wie viel Grad nördlicher Breite hat ein Ort, der genau auf dem Äquator liegt?
- ? Wie viel Grad nördlicher Breite hat der Nordpol?
- ? Kleine Zusatzfrage: Warum haben wir Menschen, die auf einer nördlichen Breite von 48° wohnen, nicht das Gefühl „schief“ zu stehen?
- ? Und warum merken wir bei der täglichen Drehung der Erde um ihre eigene Achse nicht einen entsetzlich starken „Fahrtwind“?

Konstruktion einer Horizontalsonnenuhr

mit richtigen Winkelteilungen



Nimm an, du hast eine fertig gezeichnete Äquatorialsonnenuhr mit Radius r , mit allen Winkelteilungen und zwar für jede Stunde genau 15° . (Hier ist die Äquatorialsonnenuhr blau gezeichnet).

Und du möchtest jetzt eine sogenannte „HORIZONTALSONNENUHR“ mit Radius R konstruieren, d.h. eine Sonnenuhr, die du bei

dir (z. B. am 48° Breitengrad) auf den Boden legen kannst. (Hier grün gezeichnet). Die grün gezeichnete Uhr erscheint in der Abbildung oben rechts zwar schief, aber bei dir am 48° Breitengrad wird sie genau waagrecht auf dem Boden liegen, wie in der linken Abbildung die grün strichlierte Linie gemeinsam mit dem Strichmännchen andeutet.

Wie du dir sicherlich vorstellen kannst, erscheinen die Winkelteilungen auf der Horizontalsonnenuhr nun verzerrt.

Wie kann man die Winkel für die Horizontalsonnenuhr berechnen?

Mathematikunterricht Unterstufe:

Du kannst die neuen Winkel ohne Rechnung einfach konstruieren, wie die Abbildung zeigt. Dabei muss in einer nördlichen Breite von $48,2^\circ$ der Radius R ungefähr 1,34 Mal so groß sein wie r . (Die Berechnung dazu folgt unten.)

Mathematikunterricht Oberstufe:

Betrachte das skizzierte Dreieck.

Dasselbe Dreieck kannst du auch in der Abbildung oben rechts erkennen.

Du erkennst sicher, dass in diesem

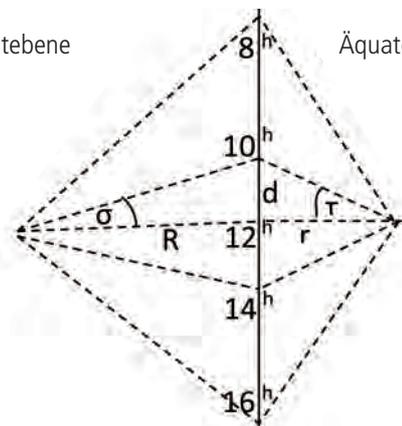
Dreieck gilt: $\sin \varphi = \frac{r}{R}$

Dabei ist φ die geographische Breite.



Horizontebene

Äquatorebene



den einzelnen Stunden auf der Horizontalsonnenuhr mit σ bezeichnen, dann findest du aus der obigen Abbildung im linken grün gezeichneten Teil für die Horizontalebene:

$$\tan \sigma = \frac{d}{R}$$

und im rechten, blau gezeichneten Teil für die Äquatorialebene folgt:

$$\tan \tau = \frac{d}{R}$$

Und daraus folgt für die Winkel auf der Horizontalsonnenuhr:

$$\tan \sigma = \sin \varphi \cdot \tan \tau$$

Winkelberechnung im Informatikunterricht, fächerübergreifend mit Mathematik

Mit Hilfe des Programms Excel kannst du eine ordentliche Tabelle machen, mit deren Hilfe du für jeden Winkel (für jede Stunde) den entsprechenden Winkel der Horizontaluhr berechnen kannst.

Wie schon erwähnt gilt: $\tan \sigma = \sin \varphi \cdot \tan \tau$

- Dabei ist:
- τ der Winkel zwischen den einzelnen Stunden auf der Äquatorialuhr, also 15°.
 - σ der Winkel zwischen den einzelnen Stunden auf der Horizontaluhr
 - φ der Winkel der geographischen Breite (z.B. in Wien: 48,2°)

Erstelle in Excel die nachstehende Tabelle, mit der du alle Winkel rasch umrechnen kannst. Dabei musst du jedoch beachten:

In Excel werden trigonometrische Funktionen nicht im Gradmaß, sondern im Bogenmaß (in Radiant, rad) gerechnet. Du musst also alle verwendeten Winkel immer zuerst in Radiant umrechnen.

Also:
$$\text{Winkel in rad} = \frac{\text{Winkel in Grad} \cdot \pi}{180^\circ}$$

Die Tabelle sieht für Wien so aus:

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|---|-------------------------|---|---------------------------------|--|---|--|
| 1 | Winkelberechnung für die Horizontalsonnenuhr | | | | | | |
| 2 | Geographische Breite Wien | | $\varphi =$ | 48,2 | Grad | 0,84 | rad (=Grad*PI()/180) |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | Stunde bis 12 Uhr | Stunde ab 12 Uhr | τ Stundenwinkel äquatorial | τ in rad | $\sin \varphi \cdot \tan \tau$ | $\sigma = \arctan(\sin \varphi \cdot \tan \tau)$ in rad | $\sigma = \arctan(\sin \varphi \cdot \tan \tau)$ in Grad |
| 5 | 12 | 12 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 11 | 13 | 15 | 0,26 | 0,20 | 0,20 | 11,30 |
| 7 | 10 | 14 | 30 | ... | ... | ... | ... |
| 8 | 9 | 15 | 45 | ... | ... | ... | ... |
| 9 | 8 | 16 | 60 | ... | ... | ... | ... |
| 10 | 7 | 17 | 75 | ... | ... | ... | ... |
| 11 | 6 | 18 | 90 | ... | ... | ... | ... |

Die Vertikalsonnenuhr

Oft kommt es vor, dass man eine Sonnenuhr nicht waagrecht auf den Boden legen möchte, sondern senkrecht z.B. auf einer Hauswand montieren möchte. In diesem Fall spricht man von einer Vertikalsonnenuhr.

Dabei gilt:
$$\cos \varphi = \frac{r}{R}$$

mit r = Radius der Äquatorialsonnenuhr, also einer Sonnenuhr, die am Äquator waagrecht am Boden liegt, und R = Radius der Vertikalsonnenuhr, also einer Sonnenuhr, die auf z. B. 48° nördlicher Breite senkrecht an beispielsweise einer Hauswand hängt.

Die weiteren Rechnungen sind wie bei der Horizontalsonnenuhr.

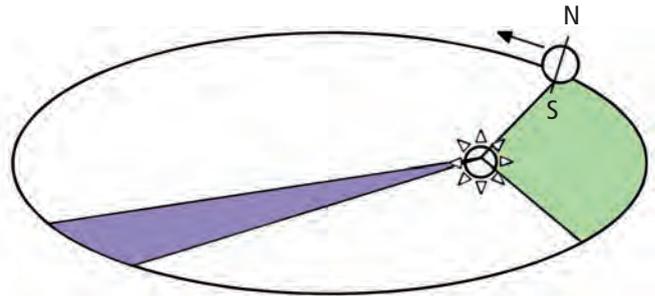
Notwendige Korrekturen wegen unterschiedlicher Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne

Ganz so leicht macht es die Sonne uns aber nicht!
Die Erde ist nämlich auf ihrer Umlaufbahn um die Sonne nicht immer gleich schnell!

Das zweite Gesetz von Johannes Kepler (1571 – 1630) sagt über die Umlaufbahn der Erde um die Sonne:

„Eine von der Sonne zu einem Planeten gezogene Strecke überstreicht in gleichen Zeiträumen gleiche Flächen.“

- ? Überlege: Wenn die Erde gerade weiter weg ist von der Sonne (also in obiger Abbildung eher weiter links ist), bewegt sie sich dann schneller oder langsamer?
- ? Überlege: In der nebenstehenden Abbildung ist auch die Erdachse (Nord-Süd-Richtung) eingezeichnet. Die Erdachse ist bezüglich der Umlaufbahn um die Sonne geneigt. Betrachte die Abbildung und überlege: Wenn bei uns auf der Nordhalbkugel Winter ist, ist die Erde dann weiter weg von der Sonne? Oder woran liegt es sonst, dass wir unterschiedliche Jahreszeiten haben?



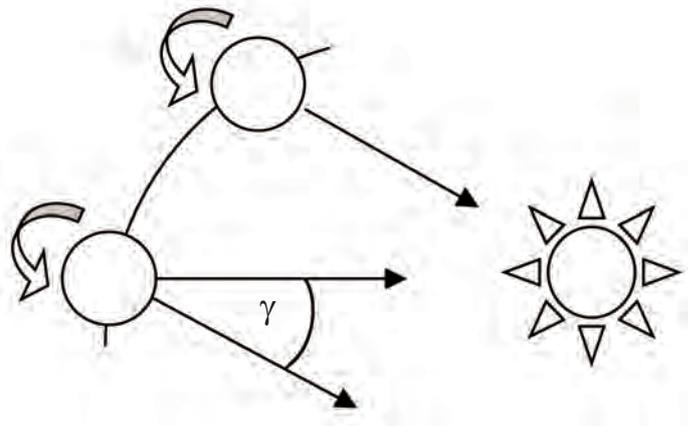
- ? Überlege: Bewegt sich die Erde demnach im Winter (wenn auf der Nordhalbkugel Winter ist) oder im Sommer schneller auf ihrem Weg um die Sonne herum?

„Der echte Sonnentag“

Unter einem echten Sonnentag versteht man die Dauer, die verstreicht, bis ein bestimmter Punkt der Erde nach Drehung der Erde um die eigene Achse wieder genau zur Sonne schaut.

Zusätzlich nötiger Drehwinkel γ von „Mittag“ bis „Mittag“

Da sich die Erde nicht nur um ihre eigene Achse dreht, sondern zusätzlich in rund 365 Tagen einmal um die Sonne kreist, muss sich die Erde jeden Tag ein ganz kleines Stückchen mehr als eine Umdrehung drehen, bis derselbe Punkt wieder genau zur Sonne schaut. Der zusätzlich nötige Drehwinkel ist in dieser Abbildung mit γ bezeichnet. Die Erde muss sich also täglich um den Winkel $(360^\circ + \gamma)$ drehen, bis derselbe Punkt der Erde wieder genau zur Sonne schaut.



Für diese zusätzliche kleine Drehung um den Winkel γ benötigt die Erde jeden Tag durchschnittlich etwa 4 Minuten.

- ? Überlege: Wie kommt man auf den Wert von durchschnittlich etwa 4 Minuten, die die Erde jeden Tag (ungefähr) für die Drehung um den Winkel γ benötigt?
1. Hinweis: Um einmal die Sonne zu umkreisen, benötigt die Erde etwas mehr als 365 Tage.
 2. Hinweis: In diesen ungefähr 365 Tagen summieren sich die Winkel insgesamt auf eine volle Drehung. Also: 365-mal der Winkel ergibt eine volle Drehung von 360° . Die Erde braucht für eine ganze Drehung um ihre Achse genau einen Tag.
 3. Hinweis: Überlege, wie viele Minuten ein Tag hat.
 4. Hinweis: Dividiere die Anzahl der „Minuten eines Tages“ durch die „Anzahl der Tage eines Jahres“ und du erhältst näherungsweise den Wert 4.

Notwendige Korrekturen wegen unterschiedlicher Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne (Fortsetzung)

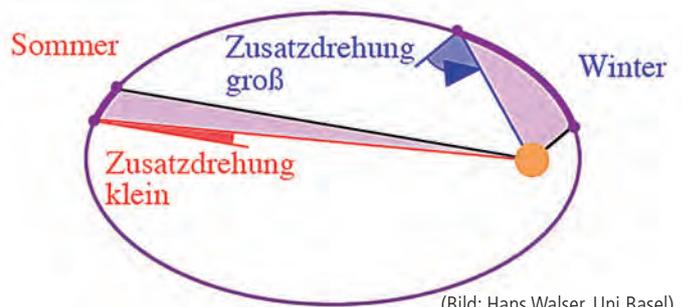
Jahreszeitlicher Unterschied beim Winkel γ

Da die Erde auf ihrem Weg um die Sonne nicht immer gleich schnell ist (siehe das 2. Kepler'sche Gesetz), ist der Winkel γ nicht immer gleich groß!

Wenn im Sommer die Erde von der Sonne weiter weg ist und die Erde daher langsamer ist, ist die notwendige Zusatzdrehung (also der Winkel γ) kleiner.

Wenn die Erde im Winter näher bei der Sonne ist und daher schneller unterwegs ist, ist die notwendige Zusatzdrehung (also der Winkel γ) größer!

Ein Tag von „Mittag“ bis „Mittag“ dauert daher bei einer Sonnenuhr im Winter länger. Eine Sonnenuhr geht also im Winter „langsamer“.



Diese Unterschiede sind für jeden einzelnen Tag nur sehr gering. Im Laufe des Winters bzw. Sommers aber summieren sich diese kleinen Zeitunterschiede.

Darum muss eine Sonnenuhr – wenn sie die Zeit genau anzeigen soll – je nach Jahreszeit ein klein wenig korrigiert werden!

Korrekturminuten als Folge des unterschiedlich schnellen Umlaufs der Erde um die Sonne, als Folge des 2. Kepler'schen Gesetzes:

Die „Korrektur-Minuten“, die durch die unterschiedlich schnelle Bewegung der Erde um die Sonne entstehen, kannst du aus der nebenstehenden Abbildung ablesen:

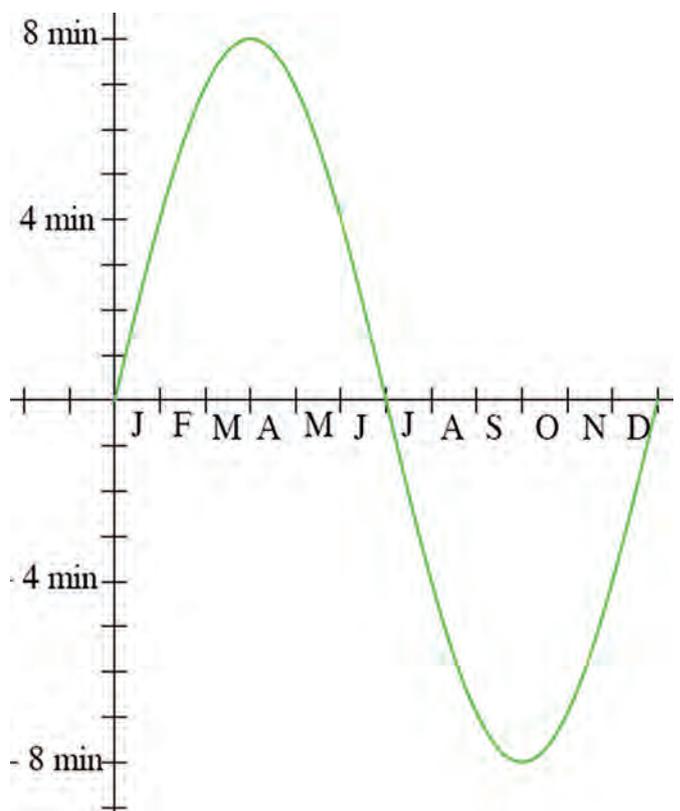
Die waagrechte Achse zeigt die Monate (J = Jänner, F = Februar, M = März u.s.w.) und die senkrechte Achse zeigt an, wie viele Minuten du zu der Zeit, die die Sonnenuhr anzeigt, addieren oder subtrahieren musst.

Wenn man diese Korrektur vernachlässigt, kann demnach eine Sonnenuhr um bis zu 8 Minuten vor- oder nachgehen.

Na ja, auch nicht tragisch. Oder?

Wenn es nicht auf die Minute ankommt, kann man auf diese Korrektur natürlich verzichten.

Wenn man aber genau sein will, dann gibt es noch eine notwendige Korrektur!



Korrekturminuten als Folge des 2. Kepler'schen Gesetzes
(Bild: Hans Walser, Uni Basel)

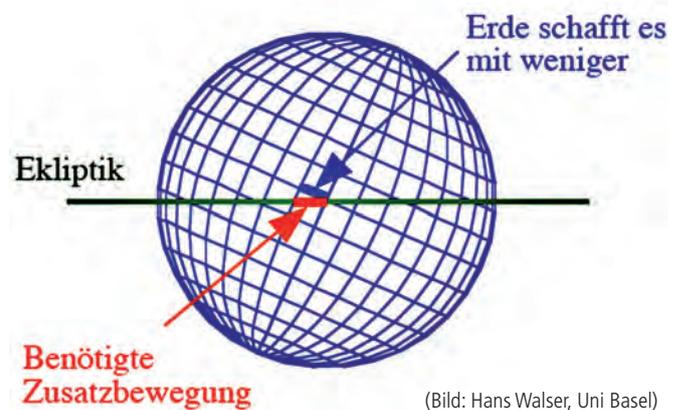
Nötige Korrektur als Folge der Schrägstellung der Erdachse

Eine weitere Korrektur der Sonnenuhr ergibt sich dadurch, dass die Erdachse (vom Nordpol zum Südpol) bezüglich der Ekliptik geneigt ist. Die Ekliptik ist die Ebene, in der sich die Umlaufbahn der Erde um die Sonne befindet.

Zu Frühlings- und Herbstbeginn:

Zu Frühlingsbeginn (21. März) und zu Herbstbeginn (23. September), also zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche, scheint die Sonne genau von der Seite auf die Erde.

Für die nötige Zusatzdrehung, die die Erde benötigt, damit ein Punkt der Erde wieder genau in Richtung Sonne schaut, braucht die Erde daher nur ein kleines Stück weniger zurücklegen. Siehe nebenstehende Abbildung.



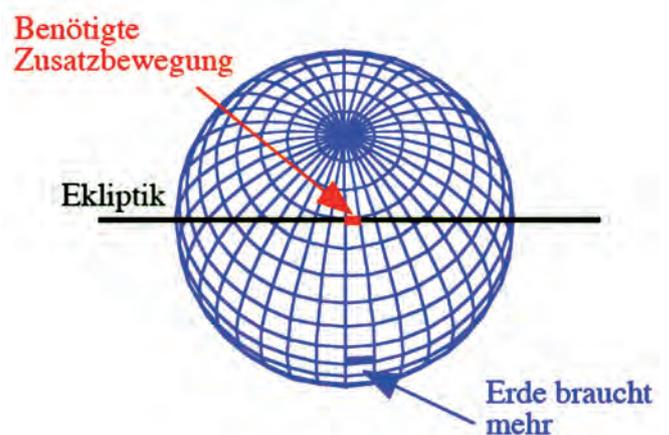
Zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche (Frühling und Herbst), „geht die Sonnenuhr also auf Grund der Neigung der Erdachse ein kleines bisschen schneller“.

Winter und Sommersonnwende

Zur Zeit der Winter- und Sommersonnwende (am 22. Juni und am 22. Dezember), wenn die Sonne „von oben“ bzw. „von unten“ auf die Erde scheint, läuft hingegen die Sonnenuhr „etwas zu langsam“.

Denn die Erde muss sich ein wenig mehr drehen, damit ein Punkt auf der Erde, der zu Mittag genau zur Sonne geschaut hat, am nächsten Tag wieder genau zur Sonne schaut.

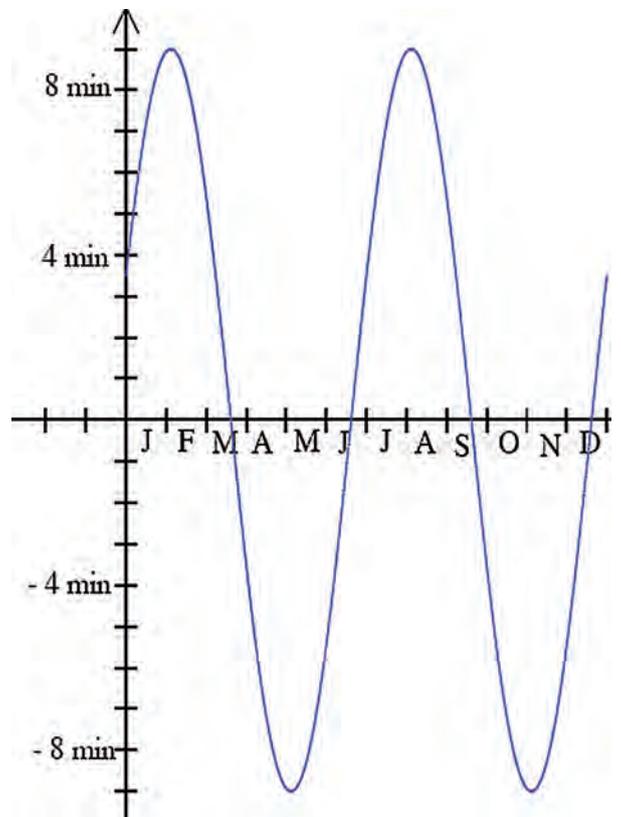
Im Sommer und im Winter „geht die Sonnenuhr“ daher etwas zu langsam.



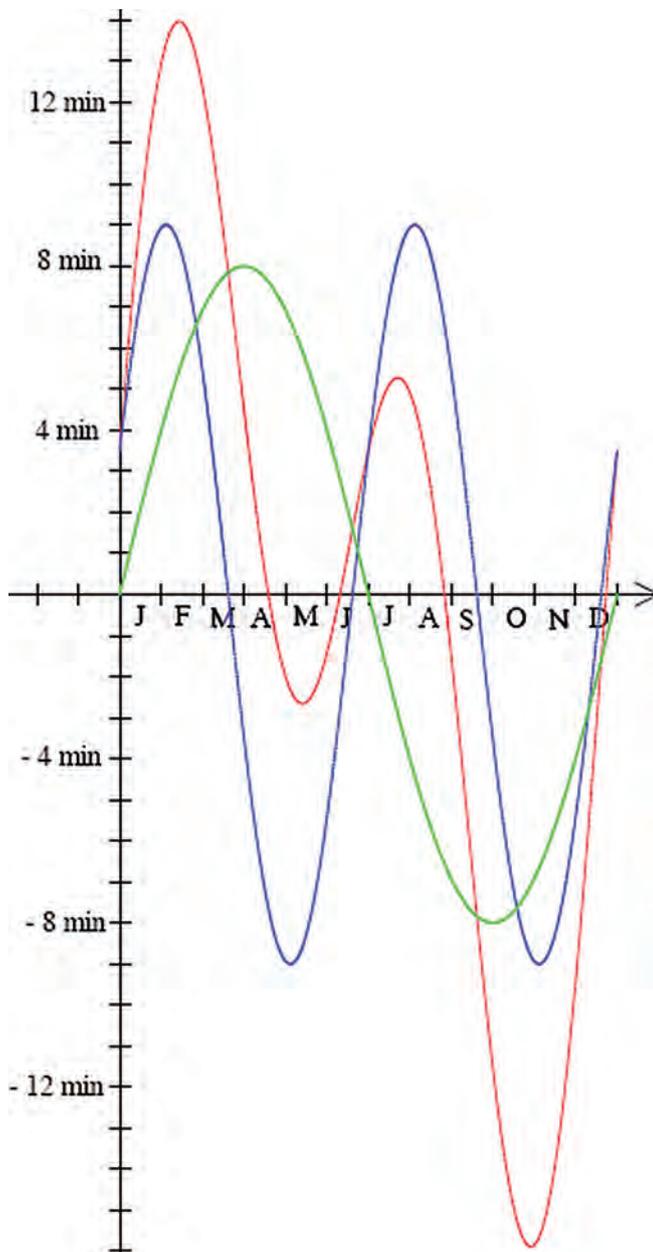
Nötige Korrektur als Folge der Schrägstellung der Erdachse (Fortsetzung)

Korrekturminuten als Folge der Schrägstellung der Erdachse

Die Korrekturminuten, die als Folge der Schrägstellung der Erdachse entstehen, kannst du aus der Abbildung rechts entnehmen:



Korrekturminuten als Folge der Schrägstellung der Erdachse
(Bild: Hans Walser, Uni Basel)



Korrekturminuten insgesamt sogenannte „Zeitgleichung“

Die Zeitgleichung (links) :

Kombination der Korrekturminuten, die wegen der unterschiedlich schnellen Drehung der Erde um die Sonne und wegen der Schrägstellung der Erdachse nötig sind

Betrachte die Abbildung links:

Die grün gezeichnete Kurve gibt die Korrekturminuten an, die wegen unterschiedlich schneller Drehung der Erde um die Sonne nötig sind.

Die blau gezeichnete Kurve gibt die Korrekturminuten an, die wegen der Schrägstellung der Erdachse nötig sind.

Die rot gezeichnete Kurve gibt die Summe der beiden Korrekturkurven an und somit die insgesamt nötigen Korrekturminuten (siehe Abbildung links).

Damit auch wirklich alles richtig ist:

Vergiss nicht, auch noch Sommer- und Winterzeit zu beachten! Im Sommer ist es immer schon eine Stunde später, als die Sonnenuhr anzeigt!

Ausschneidebogen für eine Dreifach-Sonnenuhr

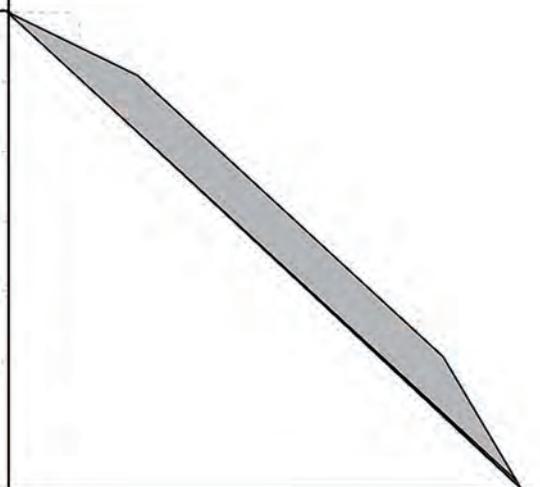
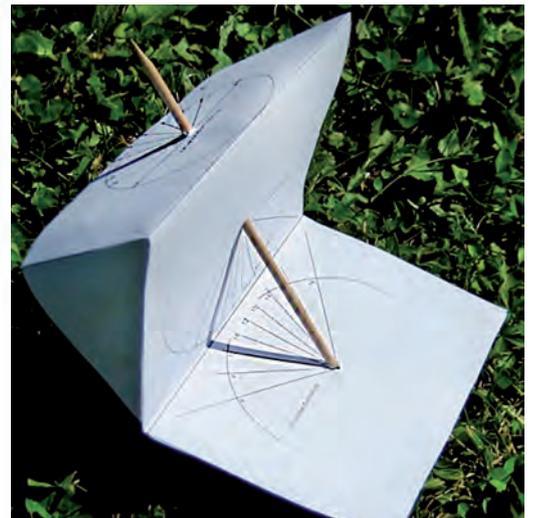
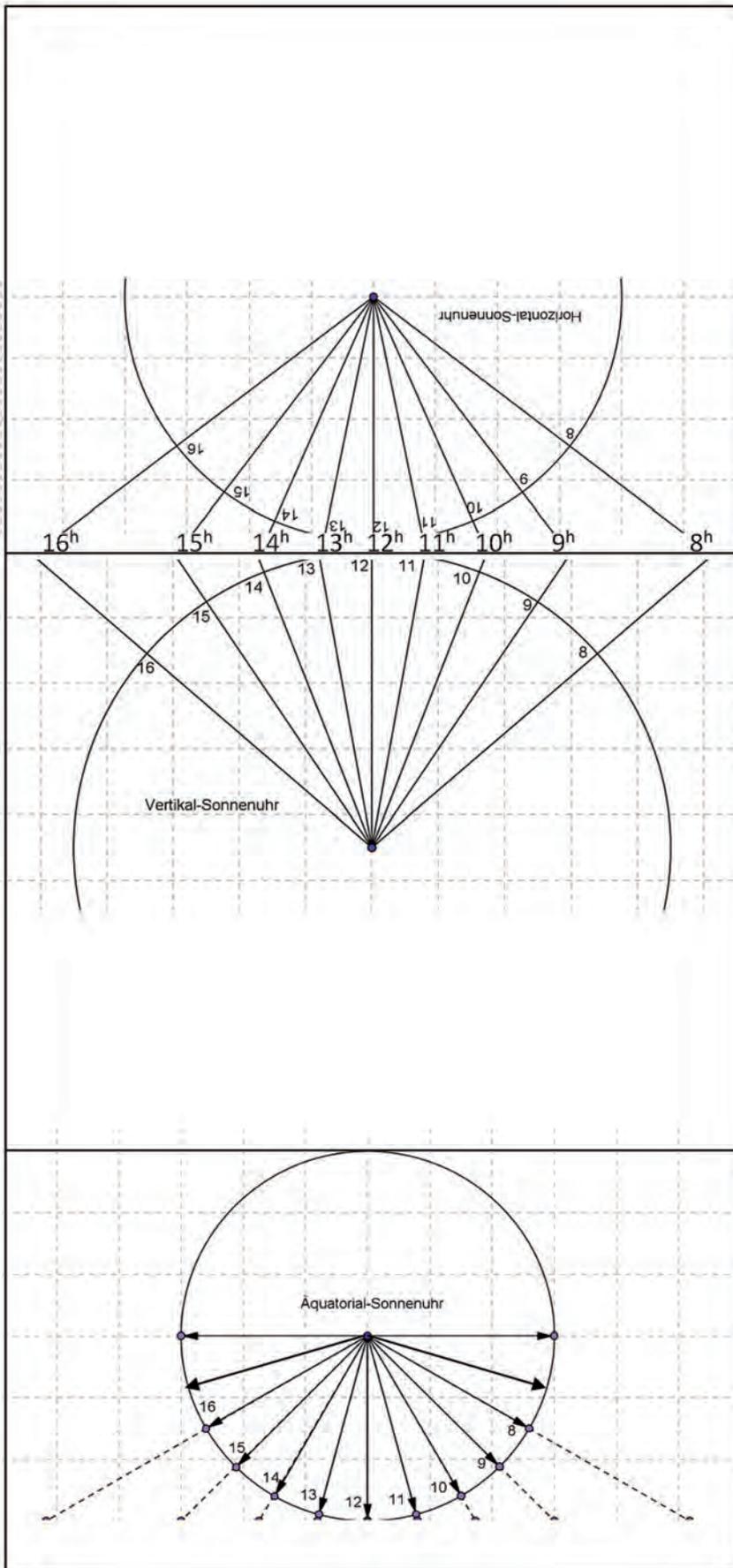
Dreifach-Sonnenuhr fertig zum Ausschneiden.

Du musst nur noch durch die drei Mittelpunkte ein Grillstäbchen durchstecken und zwar derart, dass Horizontal- und Vertikal-Sonnenuhr zueinander genau im rechten Winkel stehen.

Das seitliche Dreieck dient dazu, dass auch die Äquatorialuhr ungefähr im richtigen Winkel steht.

Die Sonnenuhr wird dann einfach in die Wiese gesteckt und zwar derart, dass das Stäbchen genau nach Norden zeigt. (Wenn du nicht weißt, wo Norden ist, kannst du auch „mogeln“: Schau einfach auf die Armbanduhr und stelle deine Sonnenuhr so auf, dass sie die richtige Zeit anzeigt.

Achtung: Sommerzeit! Im Sommer zeigt die Sonnenuhr immer eine Stunde weniger an, als die Armbanduhr!



Bastelbogen für eine kreisförmige Äquatorialsonnenuhr

Du benötigst einen Schnellhefter aus Plastik, ein bisschen Tixo oder eine Heftklammer und einen Faden.

Schneide dir vier Streifen von jeweils etwa 1,4 cm Breite aus.

Ein Streifen soll 25 cm lang sein, dieser wird den Rand der Halbkugel bilden (Streifen A).

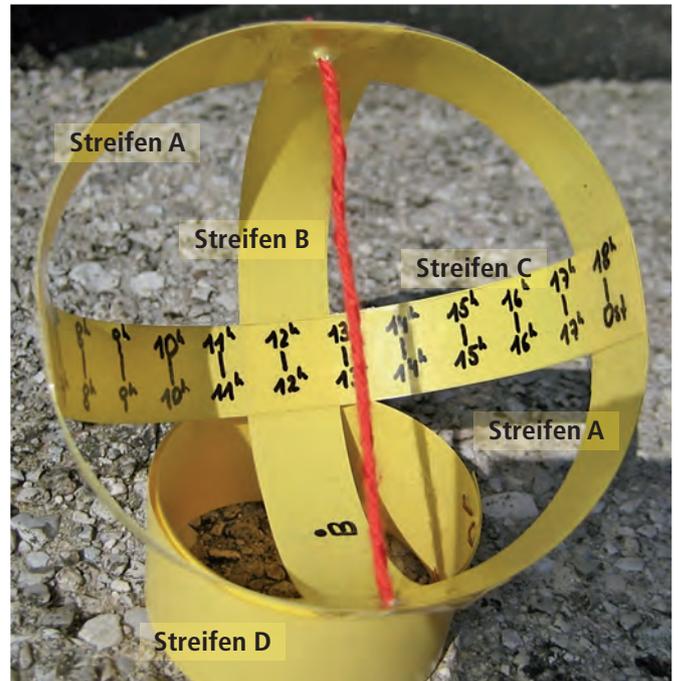
Ein Streifen soll 13 cm lang sein. Dieser bildet das sogenannte Meridianband. (Streifen B).

Ein weiterer Streifen soll ebenfalls 13 cm lang sein. Auf diesem wirst du die Uhrzeiten eintragen (Streifen C).

Und ein weiterer Streifen soll ca. 18 cm lang sein. Dieser bildet – doppelt gerollt – den Bodenring (Streifen D).

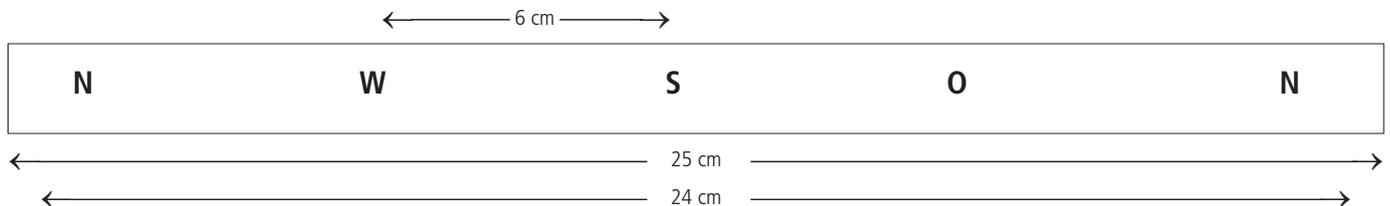
Die Anregung für diese Sonnenuhr stammt von der Internetseite www.math.unibas.ch/~walsler.

Die Sonnenuhr in der Abbildung wurde ebenso wie die Bastelanleitung etwas vereinfacht (N. Doblhoff).



Beschrifte die Streifen wie unten gezeigt und klebe danach deine Sonnenuhr wie in der Abbildung zusammen. Beim Streifen A, der den Rand der Halbkugel bildet, sollen dabei die Punkte N und N genau übereinander liegen.

Streifen A:



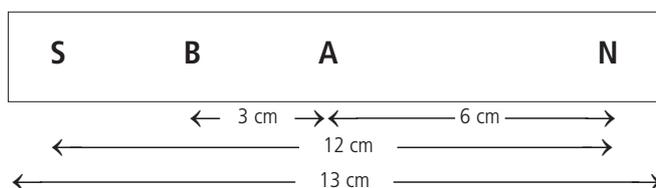
Streifen B:

Dieser Streifen bildet das sogenannte Meridianband (er geht also „von oben nach unten“).

Der Punkt B, der auf dem Streifen B eingezeichnet ist, muss später (wenn die Sonnenuhr aufgestellt wird) genau am tiefsten Punkt liegen. Um die Position des Punktes B zu markieren, betrachte

die nachstehende Abbildung. Bei einer geographischen Breite von $48,2^\circ$ muss gelten: $x = 3,2$ cm. Die Rechnung dazu lautet (für eine geographische Breite von $48,2^\circ$ und für einen Viertelkreisbogen von 6 cm Länge) wie folgt:

$$\frac{x}{48,2^\circ} = \frac{6}{90^\circ}$$

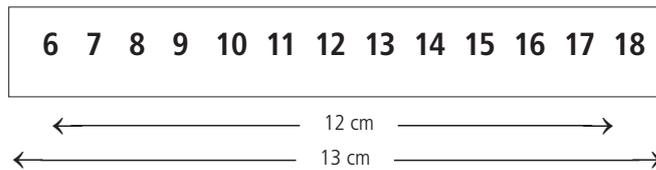


Bastelbogen für eine kreisförmige Äquatorialsonnenuhr (Fortsetzung)

Streifen C:

Der Streifen für die Uhrzeiten. Der Streifen soll insgesamt 13 cm lang sein. Zwischen Westen und Osten (W und O) soll der Abstand genau 12 cm betragen.

Dadurch kannst du genau bei jedem Zentimeter einen Strich für die Uhrzeit machen.



Streifen D:

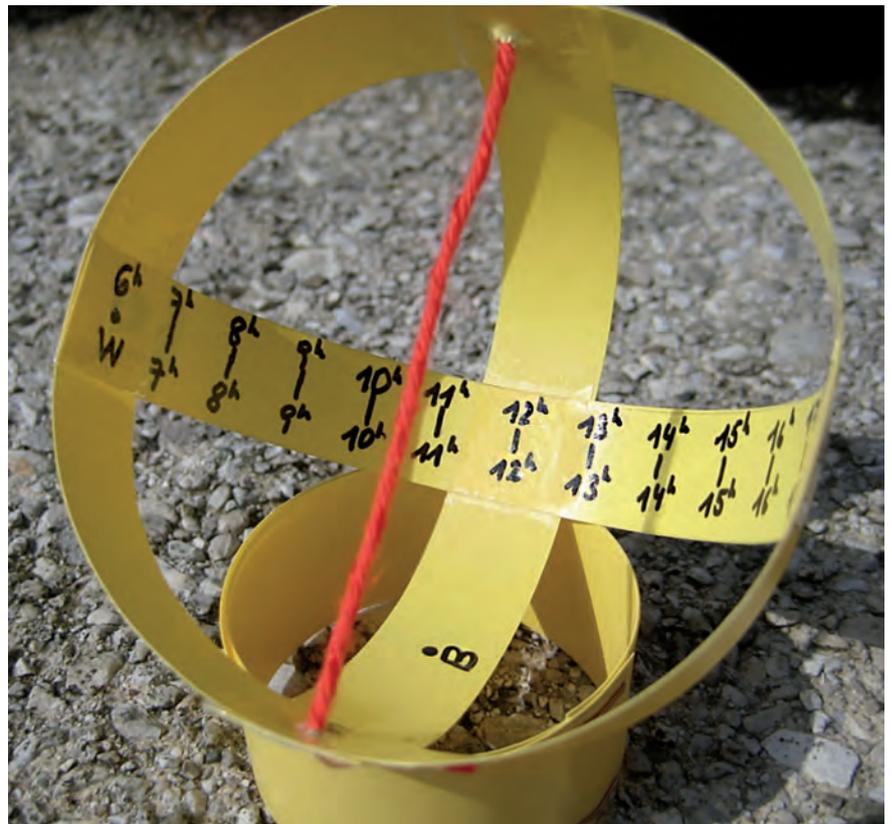
Der Bodenring ist einfach. Du rollst ihn einfach doppelt zusammen, damit er schön stabil ist und eine gute Unterlage für deine Sonnenuhr bildet.

Zum Schluss musst du noch einen Faden (oder ein Grillstäbchen) einfädeln. Dieser Faden bzw. das Grillstäbchen hat die Funktion des Schattenwerfers. Sein Schatten wird dir die Uhrzeit anzeigen.

Jetzt musst du die Streifen A, Streifen B und Streifen C wie in der Abbildung zusammenfügen und schon hast du eine fertige Äquatorialsonnenuhr, die sogar einigermaßen wasserfest ist!

Um die Uhr richtig aufzustellen, musst du darauf achten, dass sie in die richtige Himmelsrichtung zeigt!

Der Streifen B muss genau in Richtung Norden weisen. Natürlich kannst du auch hier wieder „mogeln“ und auf deiner Armbanduhr nachschauen, wie spät es ist. (Sommerzeit beachten)! Jetzt stellst du deine Sonnenuhr einfach so auf, dass sie die richtige Uhrzeit anzeigt.



Viel Freude mit deinen Sonnenuhren
wünscht dir Nicolette Doblhoff

Sämtliches nichtgekennzeichnetes Bild- und Arbeitsmaterial in diesem Artikel stammt von Nicolette Doblhoff.

Spektroskopie und Astronomie

Herbert Pühringer

Die Spektroskopie ist eines der wichtigsten Hilfsmittel der Astronomie und Astrophysik, ihr verdanken wir viele Entdeckungen und Erkenntnisse. Sie ist außerdem ein interessantes Gebiet der Physik, das physikalisches Verständnis verlangt, mit kriminalistischer Neugierde gepaart. Daher beschäftigen wir uns im Pluskurs Astronomie mit diesem Teilgebiet der Physik. Dieser Kurs ist ein Angebot des LSR Salzburg für hochbegabte Schülerinnen und Schüler im Land Salzburg. Im Folgenden wird der inhaltliche Ablauf im Überblick beschrieben.

Wie können wir das sichtbare Licht in die verschiedenen Farben zerlegen? (Abb. 1)

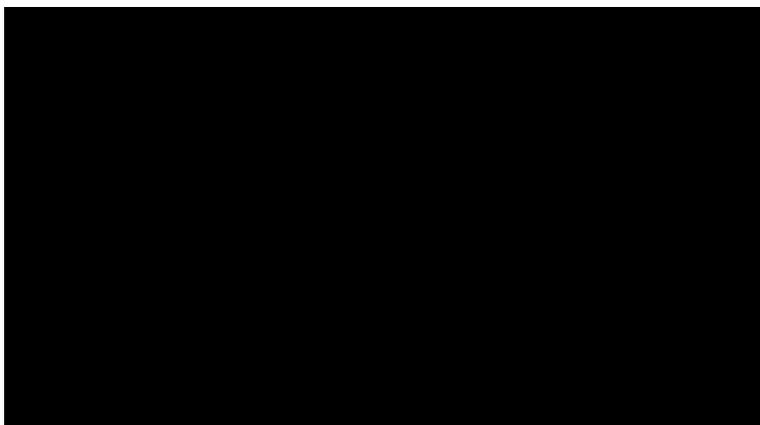


Abb. 1: Die Natur kann es!

Der Prismenspektrograph

Die ursprünglich von Newton benutzte Methode verwendet ein Glasprisma. Die blauen, kurzwelligeren Anteile des einfallenden weißen Lichtes werden beim Eintritt in das Glas

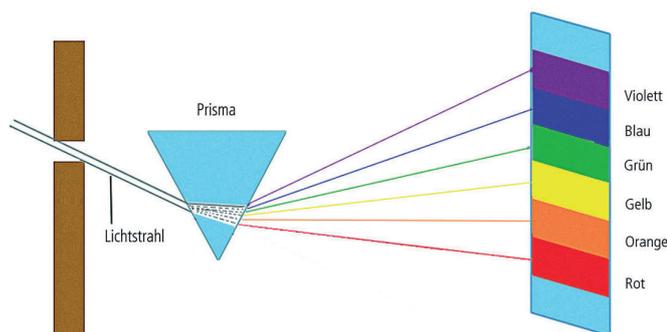


Abb. 2: Zerlegung des Lichts mit einem Prisma

Mag. Herbert Pühringer unterrichtet Physik am Privatgymnasium der Herz-Jesu Missionare Salzburg und leitet den Pluskurs Astronomie.
E-Mail: pherby@gmx.de

stärker abgelenkt als die roten, langwelligeren Anteile, und beim Austritt noch einmal. Nach dem Durchgang durch das Prisma haben die verschiedenen Wellenlängen des Lichtes also verschiedene Richtungen. Wenn man das so zerlegte Licht auf eine Wand projiziert, dann sieht man ein Spektrum (Abb. 2).

Das Gitterspektrometer

Die Funktionsweise des Gitterspektrometers beruht auf Interferenzerscheinungen. Beim Durchgang durch das Gitter entsteht an jeder sehr kleinen Gitteröffnung eine Huygens'sche Elementarwelle. Diese Wellen interferieren miteinander, so dass man ein Interferenzstreifenmuster erkennen kann. Da dieses Muster von der Wellenlänge abhängt, kann auch ein Gitter als Spektralapparat eingesetzt werden.

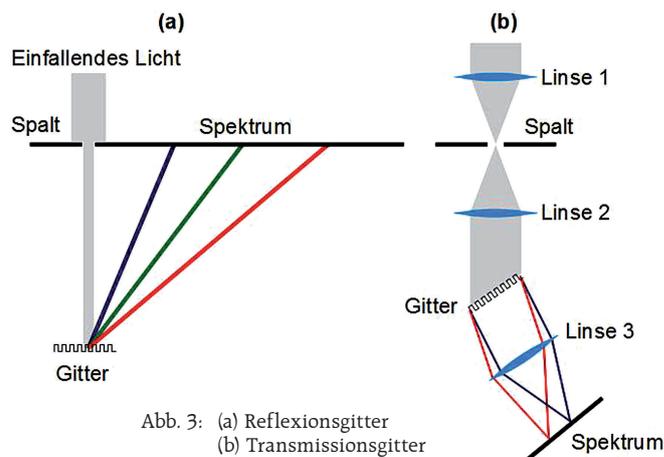


Abb. 3: (a) Reflexionsgitter (b) Transmissionsgitter

Wie können die Spektren aussehen?

Je nach der Art der Lichtquellen beobachten wir drei unterschiedliche Arten von Spektren:

- Kontinuierliche Spektren
- Emissionslinien-Spektren
- Absorptionslinien-Spektren

In der Astronomie treten kontinuierliche Spektren im sichtbaren Bereich bei sehr heißen Sternen auf oder bei sehr kühlen Objekten, die im optischen Bereich im Wesentlichen thermisch strahlen. Hier gibt es keine Unterbrechungen zwischen den einzelnen Farben (bzw. Wellenlängen) (Abb. 4).



Abb. 4: Das rein kontinuierliche Spektrum

Dagegen beobachtet man bei Gasnebeln, die durch UV-Strahlung benachbarter Sterne zum Leuchten angeregt werden, Emissionslinien-Spektren, ebenso im Spektrum der Sonnenchromosphäre, die durch die Strahlung der Photosphäre angeregt wird. Hier werden nur ganz bestimmte Teilbereiche des sichtbaren Lichtes als Linien sichtbar (Abb. 5).

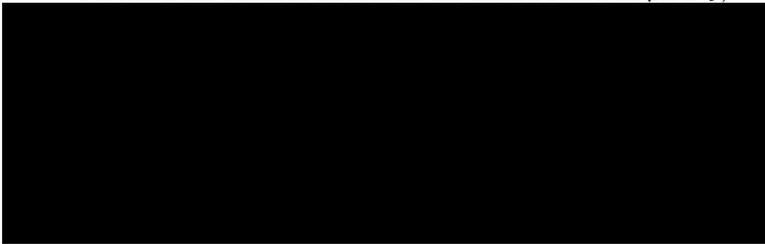


Abb. 5: Emissionslinienspektrum

Wenn kontinuierliches Licht durch ein kühles Gas hindurchscheint, so beobachten wir genau an den Stellen des diskreten Hintergrundspektrums dunkle Linien. Diese Linien bezeichnet man als Absorptionslinien, weil dort offensichtlich Licht „fehlt“. Das kühle Gas filtert diese Wellenlängen heraus (Abb. 6).

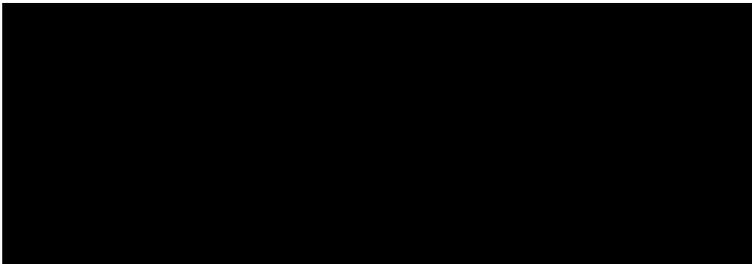


Abb. 6: Absorptionslinienspektrum

Wie entstehen Emissions- bzw. Absorptionslinien?

Springt ein Elektron von einem energiehöheren Niveau auf ein energieärmeres Niveau, so wird Energie in Form von Licht ausgesandt. Springt ein Elektron von einem energieärmeren Niveau auf ein energiehöheres Niveau, so wird Energie in Form von Licht absorbiert (Abb. 7).

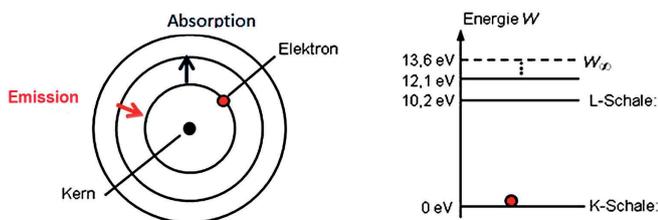


Abb. 7: Energieniveaus des H-Atoms und die Emission bzw. Absorption von Licht

Springt das Elektron aber sofort wieder zurück, so wird der absorbierte Energieanteil wieder als Licht abgestrahlt. Da es in alle möglichen Richtungen abgestrahlt werden kann, kommt in unserer Richtung fast kein Licht in der ausgesandten Wellenlänge mehr an und wir sehen eine Absorptionslinie.

Geschichte der Spektroskopie

Der englische Chemiker William Hyde Wollaston war 1802 der erste Beobachter von dunklen Linien im Sonnenspektrum. Diese wurden jedoch unabhängig von ihm 1814 vom Münchener Optiker Joseph von Fraunhofer neuentdeckt, welcher sie systematisch studierte und durch sorgfältige Messungen deren Wellenlängen bestimmte. Insgesamt verzeichnete er über 570 Linien, wobei er die markanten Linien mit den Buchstaben A bis K versah (Abb. 8). Die weniger stark ausgeprägten Linien erhielten andere Buchstaben.

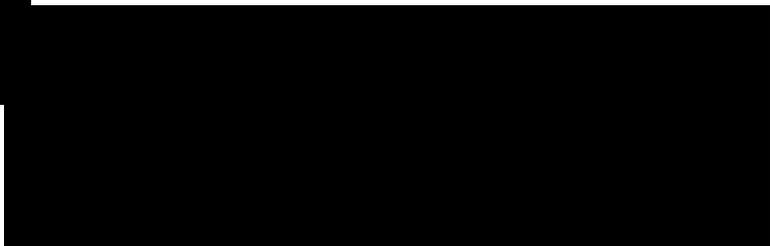
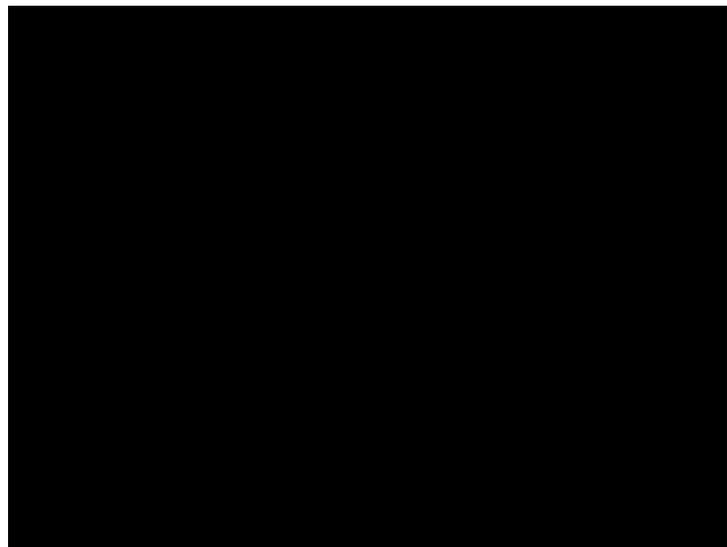


Abb. 8: Fraunhoferlinien im Sonnenspektrum

Bereits 1860 konnte G. Kirchhoff zeigen, dass die von Fraunhofer im Spektrum des Sonnenlichts gefundenen dunklen Absorptionslinien auch durch Dämpfe verschiedener Elemente hervorgerufen werden. 1868 wies der schwedische Physiker A. J. Angström 800 Absorptionslinien des Sonnenlichts verschiedenen chemischen Elementen zu.

Als man das Spektrum verschiedener Sterne verglich, kam man darauf, dass einige Sterne die gleichen Linien wie die Sonne aufweisen. Zu diesem Zeitpunkt erkannte man, dass die Sonne nichts anderes als ein naher Stern ist (Abb. 9).



Da viele Sterne andere Spektren aufweisen, versuchte man sie in Klassen einzuteilen. Auf der folgenden Abbildung wird eine Serie von Spektren zur Illustration der Harvard-Klassen dargestellt. Sie sind am Ende des 19. Jahrhunderts (veröffentlicht 1901) mit einem Objektivprismenspektrographen und einem 27 cm-Teleskop aufgenommen worden und besitzen eine bemerkenswerte Qualität (Abb. 10).

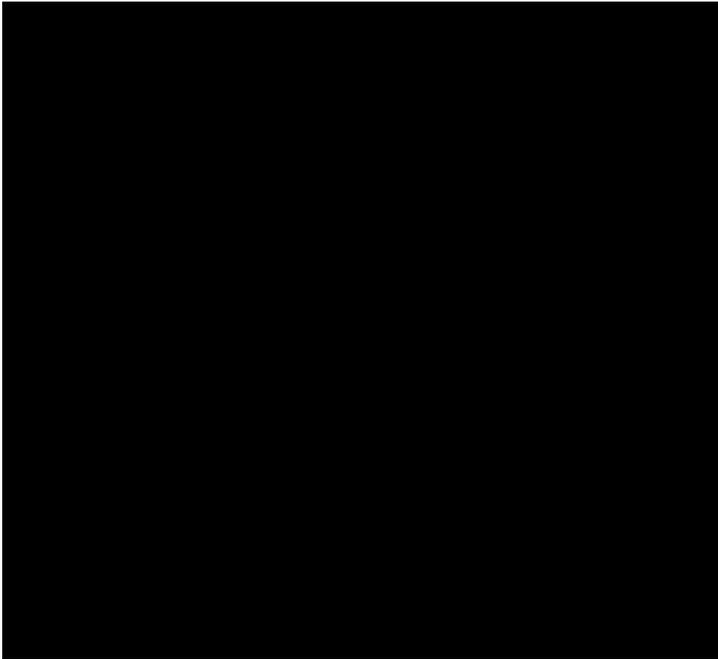


Abb. 10: Historische Serie von Spektren der Harvard-Klassifikation

Einteilung der Sterne in Spektralklassen

Am Ende des letzten Jahrhunderts wurden alle am Harvard-Observatorium (Cambridge, Massachusetts/USA) aufgenommenen Sternspektren nach ihrem Aussehen in ein Klassifikationsschema aus den Buchstaben A bis Q in alphabetischer Reihenfolge einsortiert. Mit der Weiterentwicklung der Instrumente und der Qualität der Spektren wurden bald Korrekturen und eine feinere Unterteilung nötig. Antonia Maury und Annie Cannon veränderten dann die Reihenfolge der Sequenz, entfernten einige überflüssige oder unsinnige Klassen und verfeinerten die Klassen schließlich durch Unterklassen zwischen 0 und 9, so dass ein Spektrum, das z.B. in der Mitte zwischen den Idealtypen K und M lag, die Bezeichnung K5 bekam.

Aus den Untersuchungen der beiden Astronominnen war die noch heute gültige Spektralsequenz **O – B – A – F – G – K – M** entstanden.

Man kann sich die Reihenfolge mit Eselsbrücken merken:

Auf Englisch: **Oh, Be A Fine Girl (Guy), Kiss Me!**

Auf Bayrisch: **Ohne Bier Aus'n Fass Gibt's Koa Mass!**

Diese Buchstabenfolge bildet heute das „Grundalphabet“ unserer Erkenntnisse über die Sterne.

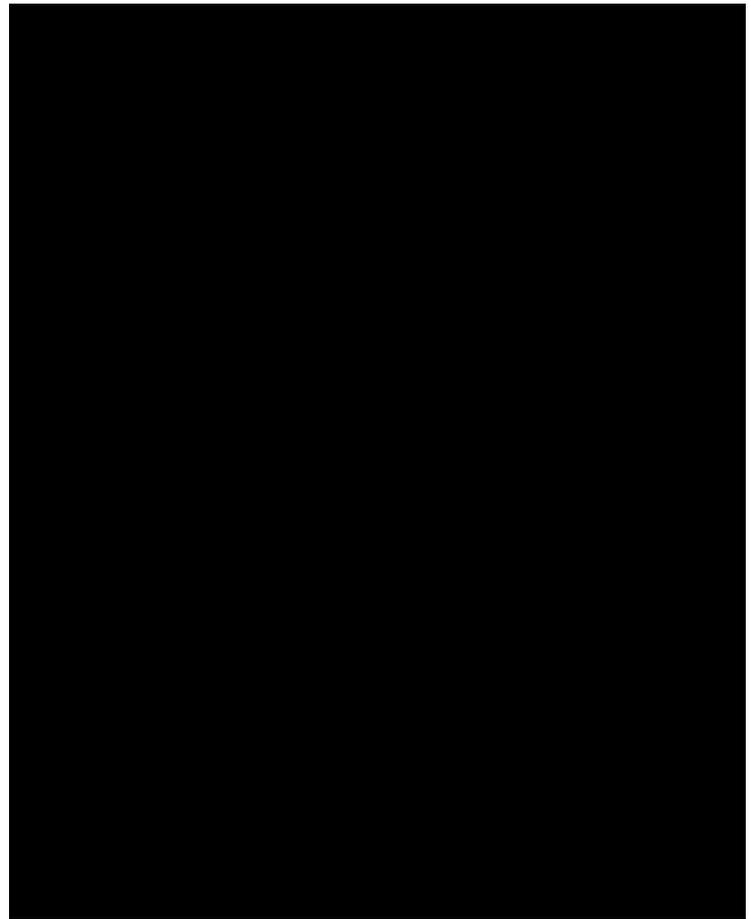


Abb. 11: Spektralklassen

Was können wir aus Sternspektren herauslesen?

1. Photo- und Chromosphäre

Wir beobachten bei allen Sternen ein kontinuierliches Spektrum mit überlagerten Absorptionslinien (siehe Abb. 9 – 11).

Jeder Stern muss also in seinem Innern aus einem heißen, dichten Gas bestehen, in dem sehr hoher Druck herrscht. Daher wird dort ein kontinuierliches Spektrum durch Verschmierung der atomaren Übergänge bei hohem Druck und großer Dichte erzeugt.

Die beobachteten Absorptionslinien lassen sich dadurch erklären, dass Druck, Dichte und Temperatur in einer äußeren Schicht stark abnehmen. Dieses kühlere Gas in der Chromosphäre prägt nun dem Kontinuum, das aus der Photosphäre kommt, sein Absorptionsspektrum auf. Die Atome der Sternatmosphäre absorbieren die zu ihrem Linienmuster passenden Wellenlängen des Lichts, das aus dem Sterninneren nach draußen strahlt: Das ergibt die beobachteten Absorptionslinien.

2. Das Vorhandensein bestimmter chemischer Elemente

Das Linienmuster im Spektrum ist für den Astronomen das, was der Fingerabdruck für den Kriminalisten bedeutet: die Identifikation des strahlenden bzw. absorbierenden Elements. Dazu muss man die Linienmuster für die einzelnen Elemente gut kennen. Welches „Linienmuster“ zu welchem Element gehört, kann in Laborexperimenten (wie zum Beispiel mit Spektrollampen für Schülerexperimente) ermittelt werden. Kein anderes Atom oder Ion kann das bereits beschriebene Balmer-Muster des Wasserstoffs reproduzieren, so dass wir grundsätzlich aus dem Spektrum eines Himmelsobjekts seine chemische Zusammensetzung ableiten können.

Bei Atomen mit vielen Elektronen, zum Beispiel Eisen, sind jedoch tausende Linien bekannt. In einem Gas, das aus vielen Elementen besteht, vermischen und überlagern sich die Spektren aller Atome, so dass in Sternspektren ein außerordentliches Gewirr von Linien entstehen kann.

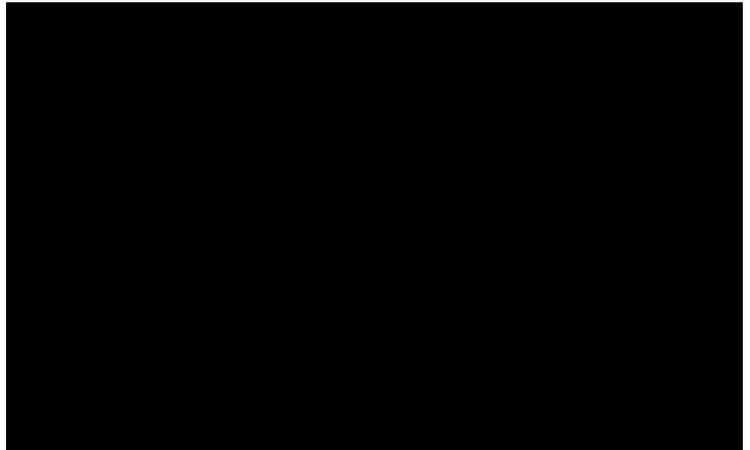
So kompliziert atomare Spektren sein können – im Vergleich zu Spektren, die von Molekülen erzeugt werden, sind sie einfach. Die Energiezustände von Molekülen sind nicht nur durch die Energieniveaus der einzelnen Atome bestimmt, sondern enthalten zusätzliche Energieniveaus, die durch Vibration oder Rotation der Moleküle entstehen. Sie liegen sehr eng beieinander und werden deshalb „Molekülbanden“ genannt.

Die schwierige Aufgabe des Astronomen besteht nun darin, dieses Gewirr an Linien und Banden zu sortieren und herauszufinden, welches Detail eines Spektrums von welchem Atom oder Molekül erzeugt wurde. (Dies ist eine Herausforderung für sehr gute Schülerinnen und Schüler.)

3. Die Temperatur der Sternatmosphäre

Nach dem Zerlegen des Lichtes kann man die Intensität als Funktion der Wellenlänge in einem Diagramm darstellen (Abb. 13). Dadurch kann man mittels der Wellenlänge beim Maximum der Intensität über das Wien'sche Verschiebungsgesetz zur Sterntemperatur kommen und somit auch zur Einteilung in Sternklassen.

Ob und in welchem Maße ein Element seine Existenz im Absorptionsspektrum kundtut, hängt größtenteils von der Oberflächentemperatur des jeweiligen Sterns ab. Abb. 14 zeigt, warum die Spektren bei verschiedenen Oberflächentemperaturen unterschiedlich aussehen. Astronomen können daher die Temperatur eines Sterns von der jeweiligen Stärke seiner Absorptionslinien ableiten. Wir erkennen, dass beispielsweise die Balmer-Linien des Wasserstoffs bei 10.000°C Oberflächentemperatur optimal angeregt werden.



Die Klassifikation von Sternspektren mittels bestimmter Linien und ihrer relativen Intensitäten zeigt, dass die Harvard-Klassifikation im Wesentlichen eine Reihung nach der Oberflächentemperatur ist (Abb. 11).

4. Bewegt sich ein Stern auf uns zu oder von uns weg?

Mittels Dopplereffekt kann man an der Verschiebung des Absorptionsspektrums wie bei der Tonhöhe eines vorbeifahrenden Einsatzfahrzeuges erkennen, ob sich das Objekt auf uns zubewegt oder sich von uns wegbewegt.

Bei τ Ceti sind die Absorptionslinien ins „Blaue“ (nach links) verschoben. Der Stern bewegt sich auf uns zu (Abb. 15).

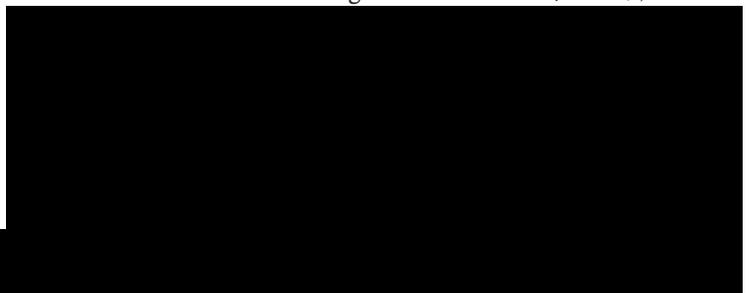


Abb. 15: Dopplerverschiebung durch die Bewegung eines Sterns relativ zur Sonne

Diese wichtige Methode hat auch zur Entdeckung von Exoplaneten beigetragen. Da der gemeinsame Schwerpunkt von Stern und Planet nicht genau im Sternmittelpunkt liegt, „zittert“ der Stern bei der Bewegung seiner Planeten und gibt dies durch eine Verschiebung seiner Absorptionslinien preis.

Abb. 13: Planck'sche Strahlungsverteilung und Wien'sches Gesetz

5. Wie schnell rotiert der Stern um sich selbst?

Mittels der Breite der Spektrallinien kann man die Eigenrotation des Sternes feststellen. Da durch die Dopplerverschiebung gleichzeitig dieselbe Spektrallinie in der gleichbleibenden Entfernung (Sternmitte) und in der sich weg bewegenden Sternseite auftritt oder auf uns zukommenden Sternseite auftritt, ist ein größerer Bereich von derselben Absorptionslinie überdeckt. Auch starke Magnetfelder können für eine Verbreiterung der Absorptionslinien verantwortlich sein.

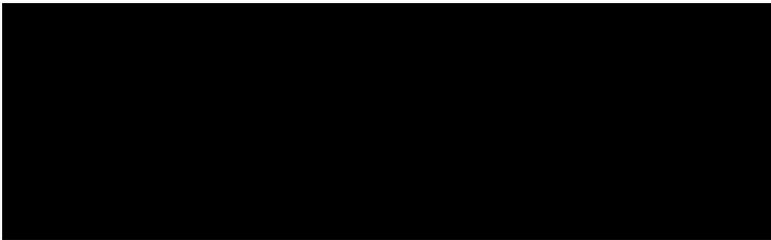
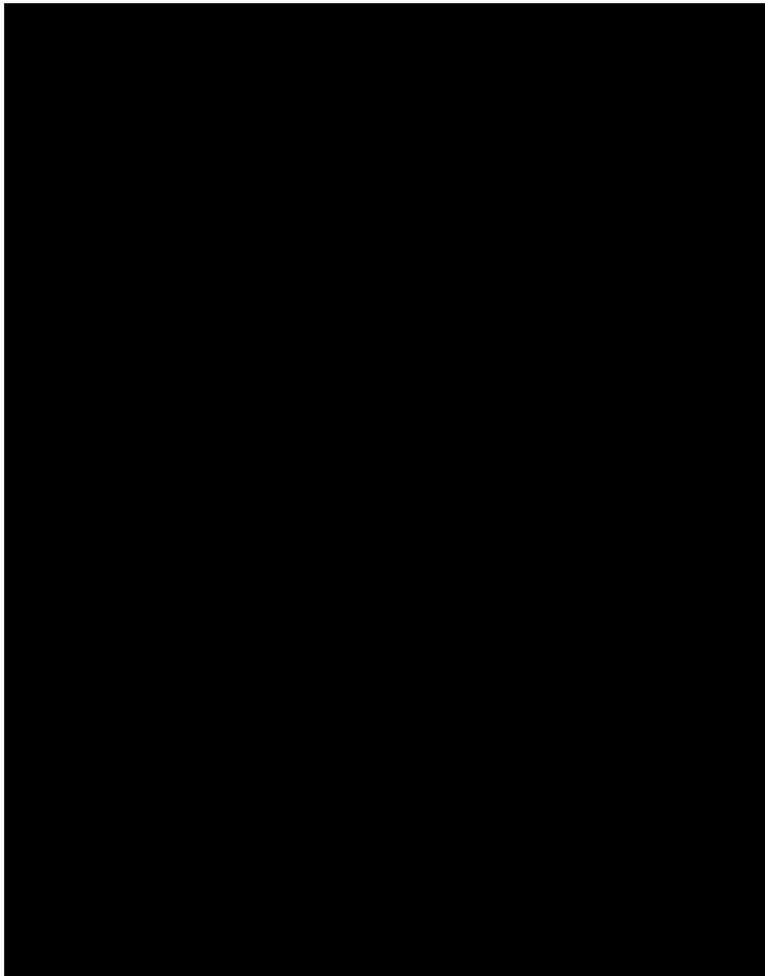


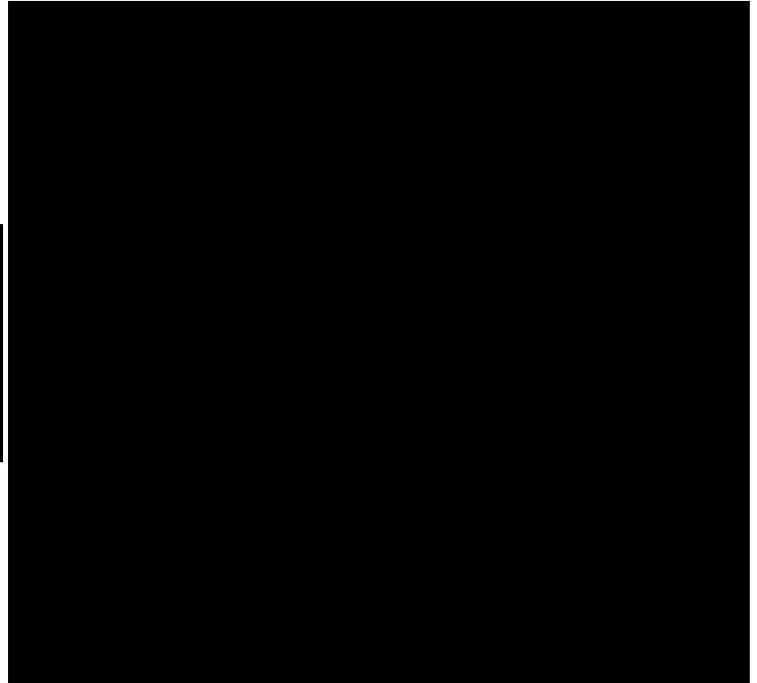
Abb. 16: μ Vir hat eine sehr hohe Eigenrotation, dadurch verbreitern sich Spektrallinien.

Mittels Spektroskopie können wir auch Veränderungen von Spektren eines Sternes deuten. So kann man bei Pulsationsveränderlichen oder bei Bedeckungsveränderlichen durch die Änderung des Spektrums die physikalischen Hintergründe aufdecken.



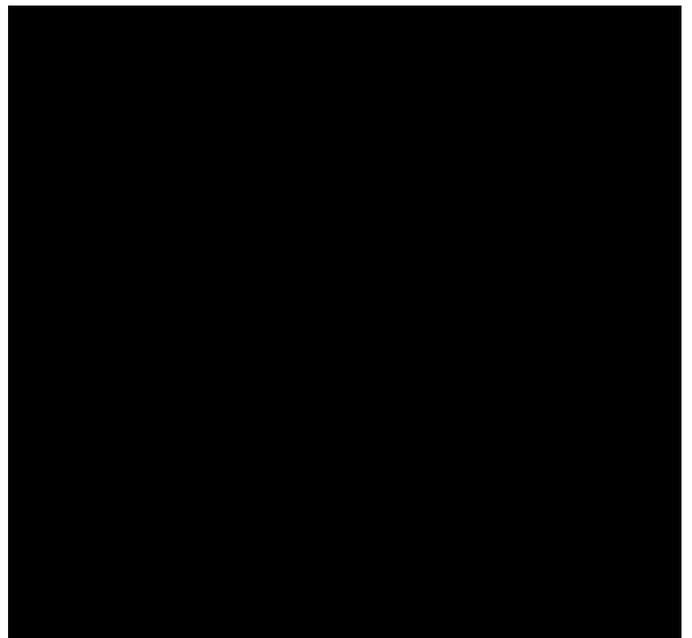
geschwindigkeit (RV), des Radius (ΔR) und des Spektraltyps (Sp) bei Cepheiden in Abhängigkeit von der Phase

Oft kann man nur mit Hilfe eines Spektrums erkennen, ob sogar ein 3- oder 4-fach Stern-System vorliegt, da man auch mit großen Teleskopen keine ausreichende Auflösung erreichen kann.



Mehrfachstern.

Einen großen Fortschritt machte man auch bei der Spektroskopie der Atmosphäre von Exoplaneten. Wenn man vom kombinierten Spektrum des Stern samt vorbeiziehenden Planeten das Spektrum des Sternes ohne Planeten abzieht, bleibt das Spektrum des Planeten übrig (Abb. 19).



Wie arbeiten wir im Pluskurs Astronomie?

Für die praktische Arbeit verwenden wir einen DADOS Spektrographen von Baader (Abb. 20) und eine Astrokamera von Astrolumina (Abb. 21, Preis: ca. 2.000,- Euro).

Der DADOS-Spektrograph (Preis: ca. 1.500,- Euro) enthält ein Reflexionsgitter mit 900 l/mm und ein Spaltplättchen mit einem Dreifach-Spalt (mit Spaltbreiten 25/35/50 μm).



Man kann statt der teuren Kamera auch eine gute Webcam um 150 Euro verwenden, die „live“ die verschiedenen Spektren über einen Beamer an die Wand werfen kann. Das Geld für den Spektrographen würde ich auf alle Fälle ausgeben. Derzeit leihen sich schon einige Institutionen unseren Spektrographen gegen Gebühr aus.

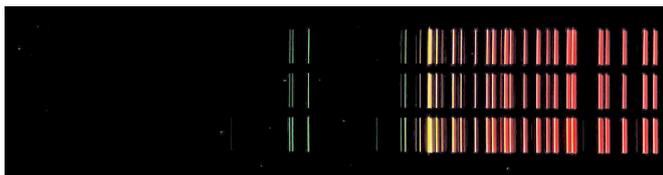


Abb. 22: Das Neonspektrum von uns aufgenommen

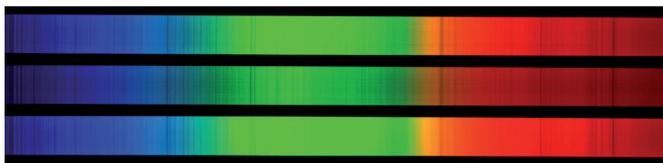


Abb. 23: Das Sonnenspektrum von uns aufgenommen

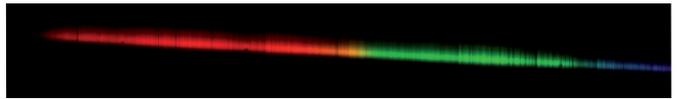


Abb. 24: Das Spektrum von Beteigeuze von uns aufgenommen

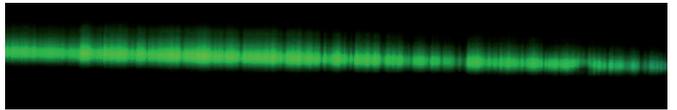


Abb. 25: Ein Zoomausschnitt mit zahllosen Absorptionslinien

Links zu den Webseiten meiner Schüler

im Pluskurs Spektroskopie:

<http://stargate.cosy.sbg.ac.at/pherbert/pluskurs2008/Spektroskop.htm>

http://stargate.cosy.sbg.ac.at/.../Website_spektrum.htm

<http://stargate.cosy.sbg.ac.at/.../spektroskopie2.htm>

<http://stargate.cosy.sbg.ac.at/.../spektroskopie3.htm>

http://stargate.cosy.sbg.ac.at/pherbert/pluskurs2012_13/kalibrierung3.htm

Nachweis der Abbildungen

Abb. 1, 22-25: Foto: Herbert Pühringer

Abb. 2: http://www.astronomie.de/fileadmin/user_upload/fachbereiche/spektroskopie/abb2prismenspektrum.jpg

Abb. 4: <http://www.astronomie.de/.../spektroskopie/bild3kontinuum.jpg>

Abb. 5: <http://www.astronomie.de/.../spektroskopie/bild4emissionspektrum.jpg>

Abb. 6: <http://www.astronomie.de/.../spektroskopie/bild5absorptionspektrum.jpg>

Abb. 7: http://www.lehrbuch-photovoltaik.de/abbildungen/hp_bild_3.1_aufbau-energiemodell-wasserstoffatom.png

Abb. 8: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Fraunhofer_lines_DE.svg/1280px-Fraunhofer_lines_DE.svg.png

Abb. 9: http://www.la-palma-aktuell.de/astro/astro_images/lapalma_astrophysik34.jpg

Abb. 10: <http://www.astronomie.de/.../spektroskopie/bild6klassifikation.jpg>

Abb. 11: http://www.daviddarling.info/images/spectral_types.jpg

Abb. 12: <https://spektrographie.wikispaces.com/Entstehung+der+Spektrallinien>

Abb. 13: http://www.bmo.physik.uni-muenchen.de/lehre/WS12/E3/skript/Planck_black-body.png

Abb. 14: <http://www.astro.virginia.edu/class/majewski/astr1230/LECTURES/LECTURE9/lecture9C-s13.html>

Abb. 15 und 16: http://www.la-palma-aktuell.de/astro/la_palma_astrophysik16.shtml

Abb. 17: http://www.astronomie.de/.../spektroskopie/cepheiden_02.jpg

Abb. 18: <http://www.atnf.csiro.au/outreach/education/senior/astrophysics/images/binvar/specbinary.jpg>

Abb. 19: <http://www.eso.org/public/news/eso1002/>

Abb. 20: <http://www.baader-planetarium.de>

Abb. 21: <http://teleskop-service.de/>

Vom Schwarzen Loch zur Dunklen Materie

Zwei Aufgaben zur Astronomie

Franz Embacher

Schwarzes Loch, Dunkle Materie – klingt faszinierend und scheint kompliziert. Es ist aber erstaunlich, dass man sich auch diese Bereiche mit relativ einfachen Aufgaben erschließen kann.

Aufgabe 1: Das Schwarze Loch im Zentrum unserer Milchstraße

Im Zentrum der Milchstraße befindet sich ein „dunkles“ Objekt (Sagittarius A* = Sgr A*), um das Sterne kreisen. Sgr A* emittiert vor allem im Radiobereich des elektromagnetischen Spektrums. Sgr A* ist im nahen Infrarot und

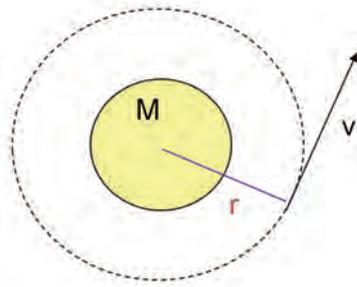
im Röntgenbereich schwach sichtbar und „flackert“: Seine Helligkeit ist einmal pro Tag etwa eine halbe Stunde lang stark erhöht. Die charakteristische Zeit dieser Änderung beträgt etwa 10 Minuten.

Aufgabe: Schätze mit Hilfe des dritten Keplerschen Gesetzes die Masse dieses Objekts ab! Finde eine Obergrenze für seinen Radius! Argumentiere, dass Sgr A* höchstwahrscheinlich ein schwarzes Loch ist!

Priv.-Doz. Dr. Franz Embacher ist habilitiert in Theoretischer Physik, Schwerpunkt Gravitation & Kosmologie sowie Didaktik von Mathematik und Physik, und lehrt an der Universität Wien. E-Mail: franz.embacher@univie.ac.at. HP: <http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/>

Aufgabe 2: Rotation von Galaxien

Die Rotationsgeschwindigkeit von Sternen, die „weit draußen“ um eine Galaxie kreisen, zeigt ein seltsames Verhalten: Obwohl diese



Sterne weiter vom Zentrum entfernt und damit gravitativ schwächer an die (sichtbare) Materie gebunden sind, nimmt die Rotationsgeschwindigkeit nicht ab, sondern bleibt nahezu konstant.

Zur Rotationsgeschwindigkeit von NGC 3198: G. Gentile: HALOGAS: Extraplanar gas in NGC 3198, arXiv:1304.4232 (2013)

Rotationskurve der Galaxie NGC 3198

Argumentiere, dass die Galaxie NGC 3198 von einem „Halo“ aus dunkler (nicht sichtbarer) Materie umgeben sein muss!

Schätze die Masse der leuchtenden Materie ab unter der Annahme, dass die dunkle Materie dort vernachlässigbar ist!

Schätze aus der Flachheit der Rotationskurve ab, ob die Dichte der dunklen Materie nach außen hin abnimmt, zunimmt oder konstant ist. Schätze für den Bereich $20 \text{ kpc} < r < 30 \text{ kpc}$ das Dichteprofil $\rho = \rho(r)$ der dunklen Materie ab!

Lösungsskizzen

Aufgabe 1 – Grobe Schätzung der Masse von Sgr A*

3. Keplersches Gesetz: $\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M}$,

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

Die schönste Kepler-Ellipse ergibt:

$$a = 4,5 \text{ Lichttage} = 1,17 \cdot 10^{14} \text{ m}$$

und $T = 14,8 \text{ Jahre} = 4,7 \cdot 10^8 \text{ s}$.

Daher: $M = 4,3 \cdot 10^{36} \text{ kg} = 2 \text{ Mio Sonnenmassen}$
(Sonnenmasse = $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.)

Schwarzschildradius dieser Masse: $R_{Schw} = 6 \cdot 10^9 \text{ m}$.

Maximaler Radius des Objekts:

$$5 \text{ Lichtminuten} = 1,8 \cdot 10^{11} \text{ m} = 15 R_{Schw}$$

Eine genauere Betrachtung ergibt:

Die Ellipse liegt schief (Lage des Brennpunkts) !

Scheinbare (projizierte) Ellipsengrößen:

$$a' = 4,5 \text{ Lichttage}, b' = 2,5 \text{ Lichttage}, e' = 4 \text{ Lichttage},$$

daraus die tatsächliche große Halbachse:

$$\frac{a'b'}{\sqrt{a'^2 - e'^2}} = 5,46 \text{ Lichttage}.$$

Daher ist obiges a um den Faktor 1,21, die Masse um den Faktor $1,21^3 = 1,78$ zu klein.

$$M_{korrigiert} = 2 \cdot 1,78 \text{ Mio Sonnenmassen} = 3,6 \text{ Mio Sonnenmassen (innerhalb 10 Schwarzschildradien)!}$$

Aufgabe 2 – Dunkle Materie in NGC 3198

Die Kreisbahngeschwindigkeit aufgrund der leuchtenden/sichtbaren Materie beträgt:

$$v = \sqrt{G \cdot M_{leucht}/r}, \quad G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}.$$

Daher erwartet man ohne dunkle Materie einen $1/\sqrt{r}$ -Abfall der Rotationskurve am sichtbaren Rand der Galaxie. Einsetzen der Daten liefert:

$$M_{leucht} = v^2 \cdot \frac{r}{G} = 150 \frac{\text{km}}{\text{s}} \cdot 20 \text{ kpc} \cdot \frac{1}{G} = 2 \cdot 10^{41} \text{ kg} = 10^{11} \text{ Sonnenmassen}.$$

Bleibt die Geschwindigkeit jedoch außen konstant, dann folgt aus

$$v^2 = \text{konstant} = G \cdot \frac{M(r)}{r}, \quad \text{dass } M(r) \propto r \text{ ist.}$$

Bei konstanter Dichte wäre $M(r) \propto r^3$. Daher muss die Dichte der dunklen Materie wie $1/r^2$ abnehmen

Quellen

Filme zur Bewegung von Sternen um Sgr A*: http://www.extinctionshift.com/SagittariusLensing_movie2003.gif [6.10.2014] und <http://www.eso.org/public/usa/videos/eso0846h/>. [6.10.2014]

Forschungsgruppe Infrarotastronomie – Reinhard Genzel: <http://www.mpe.mpg.de/ir>. Die vollständige aktuelle Analyse zu Sgr A*: S. Gillessen et al., Monitoring stellar orbits around the Massive Black Hole in the Galactic Center, *Astrophys. J.* 692:1075-1109, 2009, ist frei verfügbar unter arXiv:0810.4674 [6.10.2014].

Entdecke den Kosmos mit Neuen Medien

Christian Reimers

Wissenschaftliches Arbeiten ist bei Verfügbarkeit geeigneter Werkzeuge und Anleitungen verhältnismäßig günstig und einfach im Schulunterricht vermittelbar. Dazu eignet sich das Fachgebiet der Astronomie mit interdisziplinären Themen und innovativen pädagogischen Methoden bei Einsatz von neuen Medien besonders gut. Fast alle Bereiche der Schulphysik können mit astrophysikalischen Phänomenen in Verbindung gebracht werden. Mit dem richtigen Know-how und etwas Erfahrung lassen sich interessante Unterrichtseinheiten bis zu größeren Projekten gestalten.

Naturwissenschaftliche Projekte und Initiativen

Eine Reihe von Bildungsprojekten, gefördert durch die Europäische Kommission und auf nationalen Ebenen, haben in den letzten Jahren Unterrichtsmaterialien, Online-Werkzeuge und pädagogische Szenarien in Zusammenarbeit mit Lehrerinnen und Lehrern erarbeitet, welche nun kostenlos zur Verfügung stehen. Aufgrund der für die meisten Materialien verwendeten Lizenzen sind fast alle Unterlagen frei für Änderungen und erneutem Publizieren in Bildungsplattformen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, sich mit Kolleginnen und Kollegen online auszutauschen, Ideen und Anregungen zu holen, sowie eventuell an gemeinsamen nationalen und internationalen Lehrerfortbildungsangeboten teilzunehmen.

- Discover the COMSOS [1]: Szenarien zum forschend-entdeckenden Lernen mit e-Science Tools und e-Infrastrukturen.
- Pathway/OSR – Open Science Resources [2]: Szenarien zum forschend-entdeckenden Lernen in Verbindung mit außerschulischen Lernorten (Museen, Science Center, Forschungseinrichtungen, u.a.).
- ODS – Open Discovery Space [3]: umfassende Materialien- und Informationssammlung erweitert mit Onlinegemeinschaften und diversen Austauschmöglichkeiten.
- ISE – Inspiring Science Education [4]: Hier dreht sich alles um die Werkzeuge, welche die wissenschaftliche Bildung für die Schülerinnen und Schüler von heute anspruchsvoller, spielerischer und vor allem einfallsreich und inspirierend machen soll.
- GoLab – Global Online Science Labs [5] bietet ein Angebot von Online-Wissenschaftslaboren / Remote und Virtual Labs für den Einsatz in der Bildung. Die technischen Rahmenbedingungen eröffnen Studierenden die Möglichkeit, personalisierte wissenschaftliche Experimente mit Online-Laboren durchzuführen, während die Lehrpersonen ihre Aktivitäten im Klassenzimmer mit Demonstrationen bereichern können.
- LRE – Learning Resource Exchange [6] ist ein Dienst, der es ermöglicht, pädagogische Inhalte aus vielen verschiedenen Ländern und Anbietern zu finden.
- Scientix [7] fördert und unterstützt eine europaweite Zusammenarbeit zwischen MINT Lehrkräften (Wissenschaft, Technologie, Ingenieurwesen und Mathematik), der Bildungsforschung, Politik sowie mit Expertinnen und Experten aus dem MINT Bereich.
- ViSH – Virtual Science Hub [8] ist ein soziales Netzwerk zur Erstellung und Wiederverwendung von Lehr- und Lernmaterialien im HTML5 Format. ViSH vermittelt diese Inhalte mittels Exkursionen, physisch und virtuell, direkt in das Klassenzimmer.
- WIS – Wissenschaft in die Schulen! [9] ist ein deutschsprachiges Portal mit vielfältigen Lehr- und Lernmaterialien rund um die Fachgebiete Astronomie, Biologie, Chemie, Geowissenschaften, Mathematik, Naturwissenschaft & Technik und Physik.

Projekte und Portale wie die folgenden sind nur eine kleine Auswahl von interessanten Sammlungen mit unterschiedlichen Interaktivitätsmöglichkeiten:

Dr. Christian Reimers, Institut für Astrophysik, Universität Wien & Arbeitsgruppe A4E der ÖGAA. E-Mail: reimers@astro.univie.ac.at

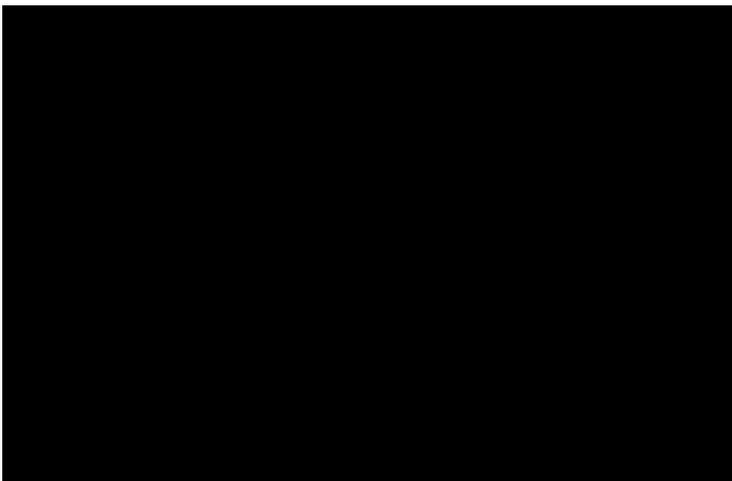
Folgende Initiativen unterstützen unter anderem die oben angeführten Projektangebote als Kontakt- und Fortbildungsschnittstellen.

- G-HOU – Global Hands-On Universe [10]. Um die astronomische Bildung zu verbessern, sind echte Teleskope und Teleskop-Bilder für Lehrende und Lernende zugänglich gemacht worden. Zusätzlich stehen Werkzeuge, wie zum Beispiel spezielle Bildverarbeitungssoftware, und Angebote für Zusammenarbeit mit Astronomen zur Verfügung.
- GTTP – Galileo Teacher Training Programme [11] bietet Schulungen und Ressourcen für Lehrkräfte auf der ganzen Welt an. Ziel des Projekts ist es, die Astronomie-Bildung für Kinder aller Nationen durch eine bessere Ausstattung ihrer Tutoren und eine umfassende Reihe von Ressourcen und praktischen Anleitungen zu verbessern.
- A4E – Astronomy for Education [12] ist die Arbeitsgruppe der Österreichischen Gesellschaft für Astronomie und Astrophysik, welche sich für den Einsatz von Astronomie und verwandten Themen im Bildungsbereich einsetzt. Sie dient Lehrenden, Vereinen und Interessierten als Plattform für einen Austausch und als Informationsdrehscheibe. Auch eine nachhaltige Verwendung von Lernmaterialien und eine Verbesserung sowie Qualitätssicherung der Bildungsressourcen hat sich die Arbeitsgruppe zur Aufgabe gesetzt.

Astronomische Science Tools und Infrastrukturen

Der wissenschaftliche Prozess für astronomisch beobachtende Untersuchungen ist grob in drei Schritte unterteilt: Planung der Beobachtung, Durchführung, Analyse der Ergebnisse. Dies kann durch die Kombination folgender Werkzeuge und Infrastrukturen im Unterricht unterstützt werden:

- Stellarium [13] ist ein kostenloses virtuelles Planetarium für den Computer. Es zeigt einen realistischen 3D-Himmel, so wie man ihn mit dem bloßen Auge, einem Fernglas oder einem Teleskop sehen würde.



Beispielsweise kann der Einfluss der Atmosphäre demonstriert und sphärische Koordinatensysteme erklärt werden. Durch das einfache Wechseln des irdischen Standortes und der Zeit kann man viele astronomische Phänomene erforschen.

- Robotische Teleskope: Ein Service für die eigene Beobachtung des Universums mit professionellen Roboter-Teleskopen bietet zum Beispiel das National Schools Observatory (NSO) [14] und Las Cumbres Observatory Global Telescope Network (LCOGT.net) [15]. Hier können Schulen Beobachtungszeit für Teleskope auf La Palma, Hawaii und in Australien beantragen und Objekte eigener Wahl aufnehmen. Diese Aufnahmen stehen dann zur weiteren Analyse im wissenschaftlichen FITS-Format zur Verfügung.

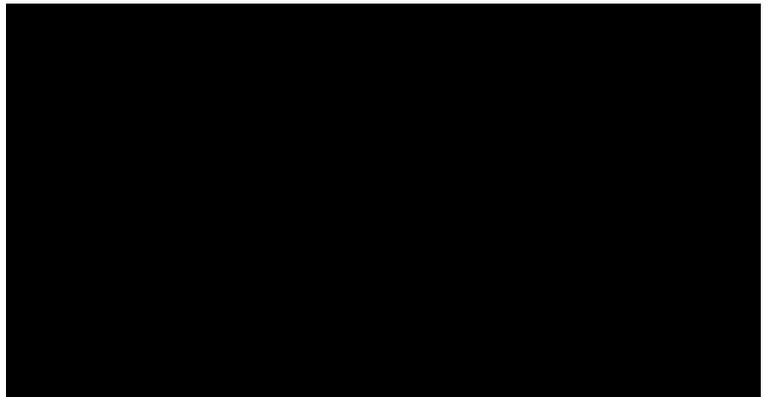


Abb. 3: Zugangsportal zu den robotischen Teleskopen des LCOGT.net

- SalsaJ [16] ist eine kostenlose, studentenfreundliche Astronomie-Software, die speziell für den Einsatz in der Schule entwickelt wurde. Sie ermöglicht den Studierenden, echte astronomische Bilder anzuzeigen, zu analysieren und zu erforschen. Auch andere Daten können in der gleichen Weise bearbeitet werden, wie dies professionelle Astronomen tun, so dass die gleiche Art von Entdeckungen möglich wird, und dadurch die Begeisterung für die Wissenschaft gefördert wird. Eine Reihe von kompletten Übungen mit echten Daten und detaillierten Anweisungen sind zum Herunterladen verfügbar. Die Flexibilität des SalsaJ-Tools ermöglicht es Lernenden und Lehrenden, die Übungen mit den eigenen Beobachtungen zu erweitern.

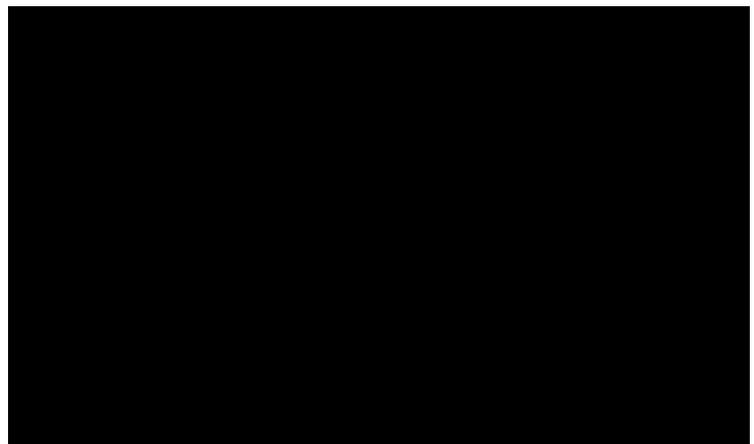


Abb. 4: Astronomie-Analysetool SalsaJ

Science Tools und Infrastrukturen der Hochenergiephysik

In der Hochenergiephysik kommen hochtechnologische Detektoren zum Einsatz, um die kleinsten Grundbausteine der Materie zu untersuchen. Für den Unterricht wurde der Zugang zu realen Daten dieser Detektoren und Experimente

- ATLAS@LHC [17]: Das ATLAS-Experiment am CERN ist eines der größten und komplexesten wissenschaftlichen Instrumente, die je gebaut wurden. Dreitausend Physikerinnen und Physiker aus 177 Einrichtungen in 38 Ländern auf der ganzen Welt beteiligen sich an ATLAS. Wenn der Teilchenbeschleuniger LHC (Large Hadron Collider) in Betrieb ist, kollidieren bis zu 600 Millionen Protonen pro Sekunde im Inneren des ATLAS-Detektors. Daten sind fast in Echtzeit für eine Analyse durch spezielle Science Tools verfügbar. Neben Exkursionen sind auch virtuelle Besuche des ATLAS-Experiments möglich.

möglich gemacht. Durch geeignete Werkzeuge lassen sich diese Daten unter Verwendung grundlegender physikalischer Gesetze durch Schülerinnen und Schüler analysieren.

- HYPATIA – Hybrid Pupil's Analysis Tool for Interactions in ATLAS [18]. Dieses Programm ermöglicht es Schülerin-nen und Schülern zusammen mit ihren Lehrkräften, die fundamentalen Teilchen der Materie und ihre Wechselwirkungen durch die grafische Visualisierung und Anzeige der Produkte der Teilchenkollisionen zu studieren. Diese Produkte sind „Events“ des ATLAS-Experiments. Hiermit können die Daten im Hinblick auf die Energieerhaltung und mit Hilfe der Vektorrechnung auf die Impulserhaltung analysiert werden.

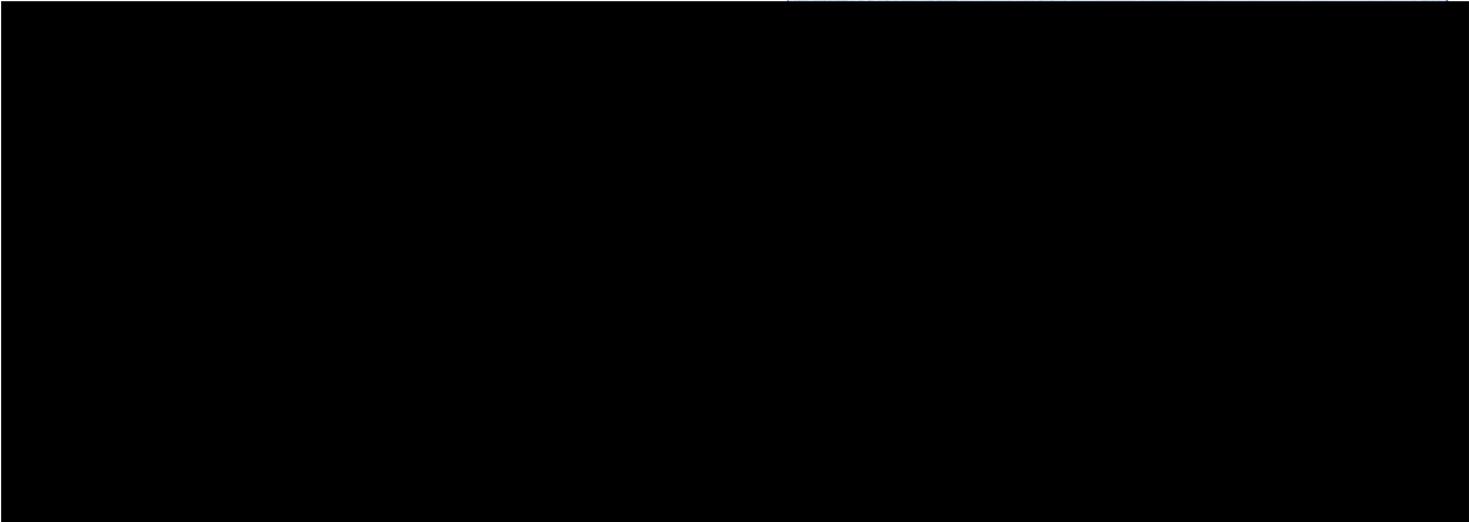


Abb. 5: Web-Portal zum ATLAS-Experiment am LHC des CERN

Abb. 6: Analyse-Tool HYPATIA

Ressourcenverzeichnis

- [1] Info-Webseite: www.discoverthecosmos.eu
Portal: portal.discoverthecosmos.eu
- [2] Pathway Info-Webseite: www.pathway-project.eu
Portal: portal.openscienceresources.eu
- [3] ODS Info-Webseite: www.opendiscoveryspace.eu
ODS Portal: portal.opendiscoveryspace.eu
- [4] ISE Info-Webseite: www.inspiring-science-education.net
ISE Community Portal: portal.opendiscoveryspace.eu/ise
- [5] GoLab Info-Webseite: www.go-lab-project.eu
GoLab Portal: www.go-lab-project.eu/go-lab-portal
- [6] LRE Portal: lreforschools.eun.org
- [7] Scientix Webseite: www.scientix.eu
Scientix Portal: www.scientix.eu/web/guest/resources
- [8] VisH Webseite: vishub.org
- [9] WiS Webseite: www.wissenschaft-schulen.de
- [10] G-HOU Webseite: handsonuniverse.org
G-HOU @ Facebook: www.facebook.com/GlobalHOU
- [11] GTTP Webseite: www.galileoteachers.org
GTTP @ Facebook: www.facebook.com/galileoteachers
- [12] A4E: www.virtuelleschule.at/a4e
- [13] Stellarium Webseite: www.stellarium.org/de
- [14] NSO Webseite: www.schoolsobservatory.org.uk
- [15] LCOGT Webseite: lcoqt.net
- [16] SalsaJ Webseite: www.euhou.net/index.php/salsaj-software-mainmenu-9
- [17] ATLAS Webseite: atlas.ch
ATLAS live: atlas-live-virtual-visit.web.cern.ch/atlas-live-virtual-visit
- [18] HYPATIA Webseite: hypatia.phys.uoa.gr
HYPATIA Online Lab: hypatia.iasa.gr/de

Astronomie als Teil des Physikunterrichts

Eine Unterrichtseinheit zur Spektroskopie

Sarah Hurt

Oft wird behauptet, dass Physik in der Schule ein abschreckendes, kompliziertes Fach sei. Dies gilt sicher nicht für die Astronomie, die sich in der Bevölkerung großer Beliebtheit erfreut [2]. Dieses Interesse muss allerdings oft außerhalb des Unterrichts befriedigt werden, weil astronomische Inhalte in den österreichischen Lehrplänen stark vernachlässigt werden [3]. Die vielen Unterrichtsvorschläge, die zu Astronomie existieren, werden von den Lehrpersonen aus Zeitmangel oft nicht umgesetzt. In der von mir an der Universität Wien verfassten Diplomarbeit „Astronomie als integraler Bestandteil des Physikunterrichts am Beispiel der Spektroskopie“ [4] wurde eine Unterrichtseinheit erstellt und evaluiert, die astronomische Beobachtungen in den Physikunterricht integriert und dazu dient, ein neues physikalisches Themengebiet zu erarbeiten. Astronomie wird so nicht als zusätzlicher Inhalt zum Physikunterricht behandelt, sondern als integraler Bestandteil.

Entwurf der Unterrichtseinheit

Im Rahmen der Unterrichtseinheit erarbeiten sich die Schüler und Schülerinnen Wissen zu den Themen kontinuierliches Spektrum, Emissionsspektrum, Absorptionsspektrum und Fraunhoferlinien. Zusätzlich bauen sie sich selbst mit Hilfe einer CD und eines Stücks Karton ein einfaches Spektroskop, mit dem sie z.B. Spektren von Energiesparlampen oder Halogenlampe und - bei sorgfältiger Bauweise – sogar einige Fraunhoferlinien der Sonne beobachten können. Die Unterrichtseinheit kann von den Schülerinnen und Schülern selbstständig durchgearbeitet werden. Arbeitsblätter sind an den vorgesehenen Stellen eingefügt und durch eine graue Unterlegung gekennzeichnet.

Erprobung der Unterrichtseinheit

Die Unterrichtseinheit wurde von vier Lehrpersonen erprobt und wurde anschließend in einem Leitfadenterview evaluiert. Die Lehrkräfte gaben an, dass die Unterrichtseinheit ausführlicher war, als sie das Thema sonst unterrichteten, erwähnten dies aber als positives Merkmal: „*Besser gründlich oder gar nicht. Schnell, schnell ist meistens schlecht.*“

Alle Lehrkräfte wiesen darauf hin, dass der Bau und die

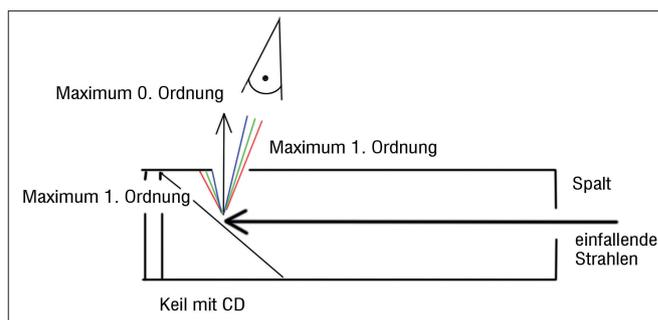
Sarah Hurt, Gymnasium Sacre Coeur Rennweg, Wien
E-Mail: sarah_hurt_@hotmail.com

„Keine von beiden Wissenschaften, Astronomie und Physik, kann ohne die andere zur Vollkommenheit gelangen.“
(Johannes Kepler, zitiert in [1])

Verwendung des Handspektroskops den Schülerinnen und Schülern „*furchtbar Spaß*“ machte. Darüber hinaus wiesen sie auf den zusätzlichen Lerneffekt hin, den diese praktische Beobachtung verschiedener Spektren im Vergleich zu einer Abbildung bringt: „*Beim ersten Mal durchschauen und eine Neonröhre anschauen, kommen sie alle sofort mit: ‚Das ist kaputt. Ihr [Spektroskop] funktioniert nicht. Sie haben nur die Hälfte der Farben drinnen.*“

Allerdings bereitete nicht nur die Arbeit mit dem Spektroskop an sich Freude, sondern diese Motivation konnte auch auf die restlichen Arbeitsaufgaben übertragen werden, die nach Aussagen der Lehrpersonen anschließend motiviert erledigt wurden: „*Sie haben dann angefangen miteinander zu reden und das hat mir GUT gefallen, weil ich mir gedacht habe: Oh (...) über Physik haben sie noch nie bei mir diskutiert! Das war ihnen bis jetzt egal.*“

Die Erprobung der Unterrichtseinheit zeigte somit, dass es für den Physikunterricht vorteilhaft sein kann, physikalische und astronomische Inhalte zu verknüpfen und so das Interesse an Astronomie positiv für die Physik zu nützen.



Strahlengang im Spektroskop

Literatur

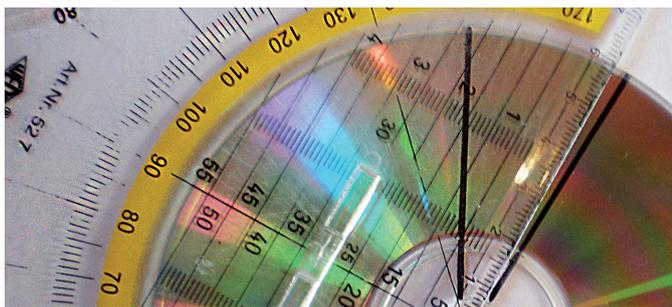
- [1] K. Lindner, „Astronomie im Physikunterricht, für Dr. Helmut Bernhard zum 80. Geburtstag“, *Astronomie + Raumfahrt* 42, pp. 4-5, 2005.
- [2] A. H. Bacher, *Untersuchung und Vorschläge zum schülerorientierten Astrophysikunterricht an gymnasialen Oberstufen*, Innsbruck: Dissertation, 2003.
- [3] S. Mirna, *Astronomie als Unterrichtsgegenstand*, Wien: Diplomarbeit, 2012.
- [4] http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/Lehre/Diplomarbeiten/DIPLOMARBEIT_Sarah_Hurt.pdf

SPEKTROSKOP – BAUANLEITUNG I

Zeitaufwand: 1-2 Schulstunden

Materialien: Größeres Kartonstück (Cornflakes-Verpackung oder Schuhschachtel), CD, schwarzer Textmarker, Geodreieck, scharfe Schere, Stanleymesser, Klebeband

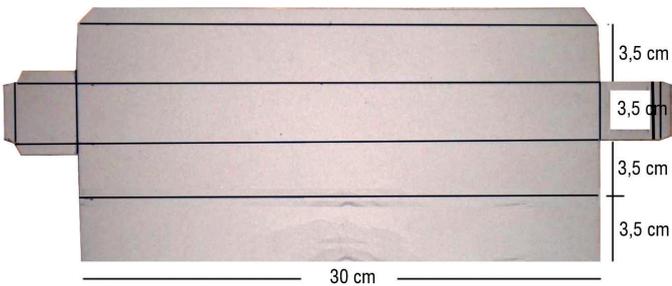
Lies dir die Anleitung durch, bevor du zu bauen beginnst, damit du einen besseren Überblick über den Bastelvorgang hast! So kannst du dir einigen Ärger und einige Korrekturen während des Bastelns ersparen!



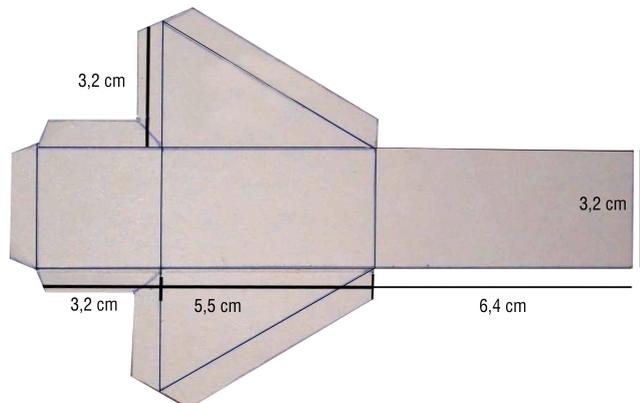
1. Nimm die CD und zeichne einen Kreissektor von 30° ein. (Lege dein Geodreieck in der Mitte der CD an und zeichne einen Strich nach außen. Miss einen Winkel von 30° ab und zeichne einen weiteren Strich.)



2. Schneide nun mit der Schere den Kreissektor aus. Pass dabei auf, dass die Folie der CD nicht zu stark splittert!



3. Nimm das Stück Karton und zeichne das Netz eines quadratischen Prismas darauf. Das Prisma sollte die Abmessungen $3,5\text{ cm} \times 3,5\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ haben. Achte darauf, dass du auch Laschen zum Zusammenkleben einzeichnest! Schneide das Netz aus!

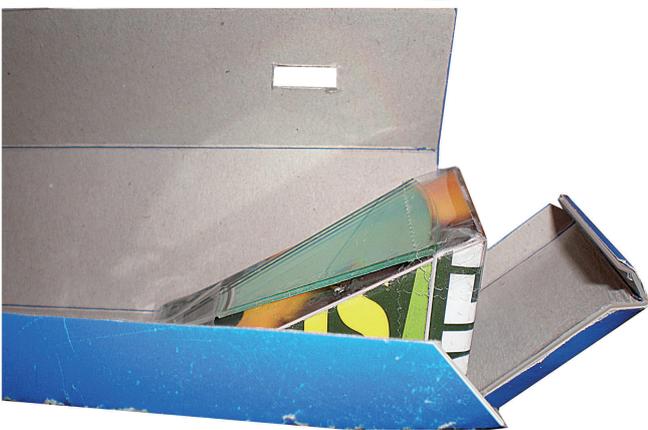


4. Stelle nun aus Kartonresten einen Keil her. Er sollte einen Dreiecksquerschnitt mit den Innenwinkeln 30° , 60° , 90° haben. Vergiss wieder nicht darauf, Laschen einzuzeichnen!

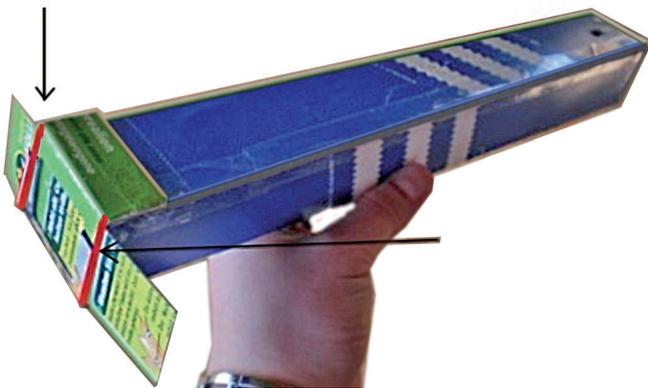
SPEKTROSKOP – BAUANLEITUNG II



5. Klebe nun den Keil mit Klebeband oder Klebstoff zusammen und befestige mit zwei Klebestreifen das CD-Stück darauf.



6. Falte nun das Prisma an den eingezeichneten Stellen und befestige den Keil am hinteren Boden des Prismas mit einem doppelseitigen Klebeband. Schneide **mittig** über der CD ein kleines Beobachtungsfenster in den Karton (1 cm x 0,5 cm).



7. Klebe nun das Spektroskop zusammen und achte darauf, dass es lichtdicht ist! Auf der gegenüberliegenden Seite der CD musst du aufpassen, das Spektroskop nichtvöllig zuzukleben. Wie auf der Abbildung solltest du die beiden Seiten offen lassen, damit du das Kartonstück mit dem Spalt seitlich hineinschieben kannst (siehe rotmarkierte Stellen). Der Spalt sollte waagrecht zum Beobachtungsfenster liegen.



8. Schneide ein langes Stück Karton mit den Maßen 3,3 cm x 7 cm aus. Schneide mit einem Stanleymesser ein Fenster hinein (3 cm x 2 cm). Nun lege ein Stück Alufolie über den Spalt und klebe es in der Mitte mit Klebeband fest. Schneide mit dem Stanleymesser einen hauchdünnen Spalt (~1 mm Breite) in die Folie. Klebe über die Folie Klebeband, sonst reißt die Alufolie schnell. Nun kannst du den Spalt in die Öffnung schieben.

Grazer Physikdidaktik startet neu durch

Claudia Haagen-Schützenhöfer



Mit Beginn des Wintersemesters 2014 wurde die Grazer Physikdidaktik zu einem eigenen Fachbereich und steht damit im Institut für Physik gleichrangig neben den Fachbereichen Experimentalphysik, IGAM (Institut für Geophysik, Astrophysik und Meteorologie) und Theoretische Physik.

Der Standort Graz galt innerhalb von Österreich schon lange als besonders „physikdidaktik-affin“ und „physikdidaktik-aktiv“. Die Physikdidaktik an der Karl-Franzens-Universität kann auf eine lange Tradition zurückblicken. Erstmals institutionell sichtbar wurde die Grazer Physikdidaktik, die zunächst von Einzelkämpfern wie Adolf Hohenester und Leopold Mathelitsch betrieben wurde, durch die Gründung des Regionalen Fachdidaktikzentrums (pdg) 2006 – des ersten Zentrums dieser Art österreichweit. Im Regionalen Fachdidaktikzentrum arbeitet das Physikdidaktikzentrum der Uni Graz mit Kollegen und Kolleginnen der PH Steiermark sowie der kirchlichen pädagogischen Hochschule Graz (KPH) intensiv zusammen.

Die Physikdidaktik an der Universität Graz wurde mit Anfang dieses Studienjahres durch weitere zukunftsweisende Maßnahmen aufgewertet: Claudia Haagen-Schützenhöfer, die nach mehrjähriger Schulpraxis am AECC-Physik zuletzt an der Uni Wien als Post-Doktorandin tätig war, konnte für eine Ass.-Professur im Bereich Physikdidaktik verpflichtet werden. Zudem wurde die Physikdidaktik zum eigenständigen Fachbereich erhoben und räumlich eigenständig im Erdgeschoss des Turms des Physikgebäudes untergebracht. Schon bisher war die Physikdidaktik Graz an zahlreichen nationalen (IMST Themenprogramm, Technikqueens, ...) und internationalen (HOPE, SECURE, ...) Projekten und Kooperationen beteiligt. Der neue Fachbereich wird Kooperationen Universität/Schule weiter forcieren und einen neuen Forschungsschwerpunkt im Bereich Professionalisierung von Physiklehrkräften setzen. „Wir sind für jede Art von Kooperation mit Schulen, Physiklehrkräften und Schülerinnen und Schülern offen und freuen uns sehr über das hoffentlich große Interesse der Kolleginnen und Kolleginnen mit uns für eine Verbesserung des Physikunterrichts zusammen zu arbeiten“, meint die neue Fachbereichsleiterin.

Eine große Herausforderung ist die Neuorganisation der Physikdidaktikbibliothek, die schon bisher als eine der größten Fachdidaktikbibliotheken in Österreich galt und die durch großzügige Schenkungen von Leopold Mathelitsch und Helga Stadler wesentlich erweitert wurde. Unterstützt wird die Fachbereichsleiterin Haagen-Schützenhöfer bei diesen vielfältigen Vorhaben von Gerhard Rath, der seit 2006 neben seiner Lehrtätigkeit am BRG Kepler mit halber Stelle im Bereich der Physikdidaktik und Lehreraus-

bildung an der Universität Graz tätig ist, sowie von zwei Studienassistenten, die über das Rektorat (VR Polaschek) finanziert werden. Das Team des Fachbereichs Physikdidaktik an der Uni Graz wird von einer Reihe von Kolleginnen und Kollegen verstärkt, die in sich in den zahlreichen Projekten und in der Lehreraus- und Fortbildung engagieren.

Kontakt:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer
Leiterin Fachbereich Physikdidaktik
Fachdidaktikzentrum Physik an der Karl-Franzens-Universität
Universitätsplatz 5, 8010 Graz
Tel: +43 (0)316 380-5716
E-Mail: claudia.haagen@uni-graz.at

Das Team

Fachbereich Physikdidaktik Universität Graz

Ass.-Prof. Mag. Dr. Claudia HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, Leiterin, wissenschaftl. Leitung IMST-Themenprogramm Kompetenzen
ao. Univ.-Prof. i. R. Mag. Dr. Leopold MATHELITSCHE, ehem. Leiter
Mag. Dr. Gerhard RATH, Inst. f. Physik – Fachdidaktik / BRG Kepler

Lehrbeauftragte

Mag. Klaudia CANDUSSI, Wirtschaftskundl. Realgymnasium Graz
Mag. Dr. Sonja DRAXLER, BHAK Grazbachgasse
Mag. Heimo HERGAN, BORG Dreierschützengasse
Assoc.Prof. Dr. Andreas HOLZINGER, MedUni & TU Graz, Institut Informationssysteme und Computer Medien
Mag. Peter TRATTNER, BG/BRG Oeversee Graz
Mag. Dieter WINKLER, Bischöfliches Gymnasium

Studienassistenten

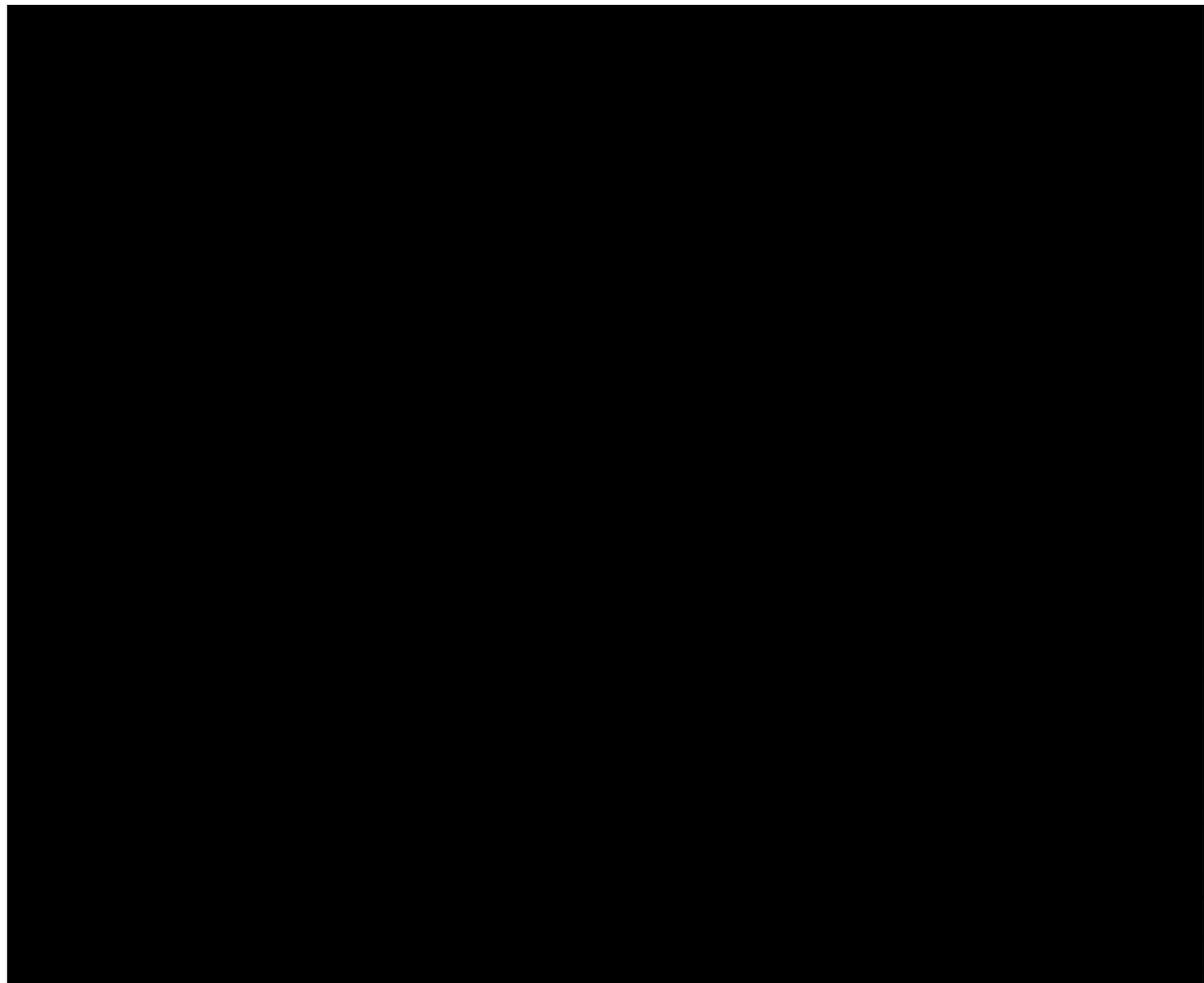
Stefanie MAYR
Thomas SCHUBATZKY

in Kooperation mit dem Regionalen Fachdidaktikzentrum Physik Steiermark (pdg)

MA Dipl.-Päd. Prof. Hans ECK, Päd. Hochschule Steiermark, Leiter des Fachdidaktikzentrums
Dipl. Päd. Peter HOLL, Kirchliche Päd. Hochschule Steiermark
Josef RANZ, Päd. Hochschule Steiermark
Prof. Mag. Dr. Erich REICHEL, Päd. Hochschule Steiermark
Prof. Eduard SCHITTELKOPF, Päd. Hochschule Steiermark

Projektmitarbeiterinnen

Mag. Waltraud KNECHTL, BRG Kepler Graz, organisatorische Leitung IMST-Themenprogramm Kompetenzen
Christina GRANDITS, iMooX
Veronika RECHBERGER, Bakk., IMST-Themenprogr. Kompetenzen



Das Gemälde mit den
„Drei Philosophen“, von
Giorgione (1478-1510) im
Jahre 1506 gemalt und
nun im Besitz des Kunst-
historischen Museums
Wien, gilt als eines der
bedeutendsten und rätsel-
haftesten Gemälde der
Renaissance (1506).
Wer und was ist darauf
dargestellt?
Zum 500. Jubiläum 2006
verkündete das Kunsthi-
storische Museum, nun
sei der „Giorgione-Code“
geknackt.

Giorgiones Himmel

Arnulf Häfele

1. Aufl., 296 S., 27 Farb- und
33 s/w Abb., Georg Olms Verlag
2013. ISBN 978-3487149998
€ 58,00

Der Autor diskutiert in seinem gründlich recherchierten Buch nicht nur diese These, sondern auch andere (etwa: die 3 Weisen aus dem Morgenland) und verwirft sie allesamt. Seine Interpretation bringt Kosmologie und Astronomie ins Spiel.

Links sitzt Aristoteles als Jüngling und betrachtet den Widerschein eines Kometen. Nach seiner bis ins 16. Jahrhundert gültigen Theorie gehörten Kometen zu atmosphärischen Erscheinungen, die durch entzündliche Gase entste-

hen. In der Mitte steht der islamische Astronom Avicenna (Ibn Sina), einer der bedeutendsten Wissenschaftler seiner Zeit. Die rechte Figur stellt Gerbert von Aurillac dar, der im 10. Jahrhundert den Astrolab im christlichen Abendland eingeführt hat und später zum Papst Sylvester II. wurde. Diese These wird vor allem geistesgeschichtlich argumentiert, im Zentrum steht die Astronomie, die sich vor allem am Pergament zeigt, das die rechte Figur in der Hand hält.

Als Leser mit Interesse an der Geschichte der Astronomie erfährt man eine Menge über mittelalterliche Wissenschaft und ihre Instrumente, die Darstellung erscheint schlüssig. Physikalisch spannend sind außerdem die Technologien (Röntgen, Infrarot), die Skizzen und übermalte Bereiche des Bildes sichtbar machen.

Erstaunlich bleibt für mich immer noch, wie intensiv man sich einem einzigen Gemälde widmen kann, wie viele Schriften im Laufe der Jahrhunderte darüber verfasst wurden. Aber auch, wie viel Neues man ausgehend von diesem Bild über Geschichte und Astronomie erfahren kann.

Gerhard Rath

Wo Menschen und Teilchen aufeinanderstoßen

Michael Krause

xvii + 247 S., 65 Abb. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2013.
ISBN 978-3-527-33398-1. € 24,90

Der Autor studierte Geschichte und wählt im vorliegenden Buch einen interessanten Ansatz, um die Forschungen, die am europäischen Kernforschungszentrum CERN stattfinden, vorzustellen: Er setzt die Menschen, die dort arbeiten, in den Mittelpunkt, stellt sie in Interviews vor und berichtet quasi nebenbei, aber durchaus fundiert, über die Forschungsergebnisse.

Diese Vorgehensweise bringt es zusammen mit dem flüssigen Stil mit sich, dass dieses Buch auch von physikalisch nicht Vorgebildeten mit Vergnügen gelesen werden kann. Für jemanden wie mich, der schon einige Male am CERN war und viele der Interviewten persönlich kennt, eröffnen sich durch diese Interviews neue Dimensionen. Krause hat seine Interviewpartner aus den mehr als zehntausend am CERN wirkenden Personen klug und treffend ausgewählt – sei es der Generaldirektor Rolf-Dieter Heuer, oder der aus Kenia stammende Tejinder Virdee, der Architekt des CMS-Experiments, das für die Entdeckung des Higgs-Teilchens wesentlich ist, oder der aus Wiesbaden stammende Rolf Landua, der hervorragende Lehrerfortbildungskurse am CERN etabliert hat. Alle stellt Krause nicht nur als Forscher vor, sondern lässt auch den Menschen hinter dem Forschenden erkennen. Lyn Evans, der Erbauer des LHC, dieser weltweit größten Teilchenbeschleunigungsmaschine, scheint genauso auf, wie der Nobelpreisträger Carlo Rubbia und noch sechs weitere CERN-Forscher.

Michael Krause ist kein Naturwissenschaftler, er ist als Regisseur und Schauspieler tätig. Umso mehr ist anzuerkennen, dass die fachlichen Dinge nicht verwässert sind, sondern korrekt bei gleichzeitiger Allgemeinverständlichkeit dargelegt werden.

Weil der Autor mit „nichtphysikalischen“ Augen den CERN betrachtet, zeigt er dem Leser auch noch andere Bedeutungen des Kernforschungszentrum bei Genf: CERN als Begegnungsort von Wissenschaftlern verfeindeter Staaten und die CERN-Cafeteria als Transferort nicht nur von Forschungsergebnissen. Gerade im 60-sten Jahr des CERN stellt dieses Buch ein Muss nicht nur für naturwissenschaftlich Interessierte dar.

Leo Ludick

Vom Gottesteilchen zur Weltformel

Rüdiger Vaas

1. Aufl., 511 S., 62 s/w-Fotos + 39 s/w-Zeichnungen.
Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart, 2013.
ISBN 978-3-440-13855-7. € 25,70

Seit der Entdeckung des Higgs-Teilchens am CERN 2012 und der Verleihung des Nobelpreises 2013 an Peter Higgs und Francois Englert für die theoretischen Grundlagen dazu, ist Teilchenphysikforschung ins Bewusstsein vieler Menschen gerückt. Allerdings sind die Zusammenhänge und die Bedeutung dieser Entdeckung für die Physik kaum allgemein bekannt.

Der Wissenschaftsjournalist Rüdiger Vaas hat sich in dem zu besprechenden Buch die Aufgabe gestellt, allgemeinverständlich die moderne Teilchenphysikforschung darzulegen. Sehr flüssig geschrieben baut er den Inhalt des Buches chronologisch auf: Beginnend von den Atomisten im frühen Altertum durchschreitet er rasch die Jahrhunderte und kommt sehr bald zur neuesten Forschung.

Dort, wo es notwendig ist, gibt es, als Einschub gekennzeichnet, tiefergehende Erklärungen, so dass der Lesefluss nicht gestört wird. Und der Autor wagt sich bis in jene Bereiche vor, die im wahrsten Sinne des Wortes heute noch im Dunkeln liegen, indem er der Dunklen Materie etwa ein eigenes Kapitel widmet. Der Leser erfährt etwas über Supersymmetrien oder über Antimaterie. Vaas diskutiert auch die Frage, warum in unserer Welt nur Materie vorhanden ist, und in einem Kapitel geht er auf die Suche nach der Weltformel.

Dem Autor ist auch durchaus bewusst, dass der Begriff „Gottesteilchen“ für das Higgs-Boson irreführend ist. Schade, dass er sich offensichtlich nicht gegen die PR-Abteilung des Kosmos-Verlages in der Diskussion um einen reißerischen Buchtitel durchgesetzt hat. Dies ist auch deshalb bedauerlich, da das Buch für jeden, der Physik studiert, aber auch für jeden Schüler eines Leistungskurses oder mit besonderem Interesse für Physik eine wertvolle Lernhilfe darstellt und keineswegs flapsig oberflächlich geschrieben ist. Auch der Anhang mit Literaturangaben und Hinweisen auf sehr gute, seriöse Internetseiten zeichnen dieses Buch aus.

Es sollte dieses Buch jeder an moderner Physik Interessierte in seiner Bibliothek stehen haben!

Leo Ludick

Mach das!

Martin Apolin

1. Aufl., 168 S., Flexcover.
ECOWIN Verlag Salzburg
ISBN 978-3-7110-0053-8. € 16,95

Mit großer Freude habe ich dieses Buch gelesen. Als Lehrer verwende ich schon seit längerem die Schulbücher von DDR. Martin Apolin und war gespannt, was der Sportwissenschaftler und Physiker zum Thema Abnehmen zu sagen hat. Das Buch ist leicht und für interessierte Physik-Lehrkräfte an einem Wochenende lesbar.

Der Autor geht in der Annäherung an das Thema wissenschaftlich methodisch vor und klärt zunächst viele physikalische Grundlagen wie den Energieerhaltungssatz, Perpetuum Mobile, Fermi-Rechnungen oder den Unterschied zwischen Kilojoule und Kilokalorie. Ob am Ende der Grundlagen noch die Erklärung zum Unterschied zwischen Masse und Gewicht nötig war, muss jeder für sich selbst entscheiden. Da in weiterer Folge nicht mehr darauf eingegangen wird, ist dieses Kapitel für mich verzichtbar.

Der zweite Teil des Buches ist dem Energie-Input gewidmet. Sehr schön wird auf die verschiedenen Möglichkeiten der Reduktion des Inputs hingewiesen und auch deren Tücken (Verminderung des Grundumsatzes) beschrieben. Vor allem der nicht zu unterschätzende Einfluss der Getränke, und hier im Besonderen des Alkohols, wird wunderbar herausgearbeitet.

Am Ende wird noch den Lichtessern ein Kapitel gewidmet und mit klaren und einfachen Argumenten gezeigt, dass die Nulldiät bei keinem Menschen funktionieren kann. Auch in diesem Teil ist für mich ein Kapitel verzichtbar. Der Mathematiker in mir freute sich zwar über den Ausflug in die Topologie, es erschloss sich für mich aber nicht die Notwendigkeit für die LeserInnen, über Homöomorphismen Bescheid zu wissen.

Im dritten Teil des Buches geht es dann um den Energie-Output. Auch hier beschreibt Martin Apolin akribisch ein breites Spektrum an Möglichkeiten. Beginnend mit der Schwierigkeit und Möglichkeiten, den Output zu messen, diskutiert der Autor die Möglichkeit, mittels Gehen, Laufen, Radfahren und (mit einem ironischen Seitenhieb auf die Zeitschrift „Brigitte“) Sex den Output zu steigern.

Dazwischen gibt es Fermirechnungen zur Verdauung als Arbeit und einen lustigen Exkurs zu unseren Vorfahren und der Notwendigkeit, vor einem Säbelzahn tiger zu fliehen.

Im abschließenden Teil zieht der Autor Bilanz und legt allen LeserInnen nochmals sein Mantra „Abnehmen ist ein Langzeitprojekt, in dem jeder Schritt zählt“ nahe. Dieses zieht sich durch das gesamte Buch und stellt auch physikalisch so etwas wie die Quintessenz dar. Immer dann, wenn der Input kleiner als der Output ist, wird der Körper seinen Speicher angreifen und somit abnehmen.

Der Autor schafft es auf den knapp 160 Seiten des Buches wunderbar, mit vielen Mythen zum Abnehmen aufzuräumen. Er verlässt den „Pfad der Naturwissenschaften“ dabei nicht, sondern beleuchtet konsequent, gründlich und in einer verständlichen einfachen Sprache viele Aspekte, die mit unserem Körper im Zusammenhang stehen.

Als kleinen Wermutstropfen empfinde ich die Illustrationen im Buch, die nicht mit denen in den Schulbüchern des Autors vergleichbar sind. Ein Vierfarbendruck hätte sich möglicherweise gelohnt.

Insgesamt kann ich das Buch allen Laien, aber auch Schulen für die Schülerbibliothek, sehr ans Herz legen. Es ist eine nette, informative und zum Teil auch lustige Lektüre, die nicht nur als Weihnachtsgeschenk Freude machen wird.

Thomas Plotz

Vom Urknall zum Gummibärchen

Roland Full

1. Aufl., 310 Seiten, 70 Abb., Hardcover. Reihe Erlebnis Wissenschaft, Wiley-VCH, Weinheim, 2014.
ISBN 978-3-527-33601-2. € 25,60

Dr. Roland Full war Chemielehrer an einem bayerischen Gymnasium, auch Lehrerfortbildner und Betreuer von über 100 „Jugend forscht“-Arbeiten. In der Pension fasst er zusammen, was er seinen Schützlingen an wesentlichem Wissen mitgeben wollte.

In 19 Kapiteln beschreibt Full die Entwicklung des Universums, der Sonne und der Erde und folgt der Evolution der Lebewesen bis zum Homo Sapiens, in weiteren 6 Kapiteln geht es in einer Fantasiegeschichte um das Paralleluniversum der Gummibären. Zu jedem Kapitel schlägt er Experimente vor – insgesamt 76! Hauptsächlich aus der Chemie, doch auch aus Physik und Biologie. So werden mit Hilfe eines Gummibandes die Hubble-Konstante und die Hubble-Zeit veranschaulicht. Die Materialien sind sorgfältig ausgewählt, ungefährlich, preisgünstig und in Drogerien oder Baumärkten erhältlich. Die Anleitungen sind genau und führen bei sauberem Arbeiten sicher zum Erfolg.

Für Jugendliche ab etwa 13 Jahren mit naturwissenschaftlichem Interesse sicher ein geeignetes Geschenk zum Lesen und Ausprobieren. Auch Lehrkräfte finden Anregungen.

Leider scheinen sogar renommierte Verlage keine Lektoren zu beschäftigen. Im Gegensatz zur Behauptung am Beginn des Vorworts war die Kugelgestalt der Erde seit dem Altertum akzeptiertes Wissen. Dass ein „artist's rendering“ eine „künstliche Wiedergabe“ (unserer Milchstraße, Farbtafel 3) sein soll, schmerzt. Völlig unverständlich ist, dass NASA-Bilder nicht gemäß dem Original zitiert werden, sondern einem obskuren Internet-Magazin (dvidshub.net) entnommen sind.

Helmut Kühnelt

Astrothemen in 20 Jahren **PLUS LUCIS**

PLUS LUCIS 1-2/2013

Mittelalterlicher Text im Physikunterricht? (Der Astronom Konrad von Meggendorf) – U. Doppan

Rezensionen:

Oli Uscher et al.: Hubble – Das Universum im Visier

Thomas Posch et al.: Das Ende der Nacht

Lichtsmog: Gefahren – Perspektiven – Lösungen

Arnold Hanslmeier: Faszination Astronomie

PLUS LUCIS 1-2/2012

Der ESA Teachers Summer Workshop 2011 – O. Fischer

BRITE-Constellation – W. Weiss

Physik-Nobelpreis 2011: Die Elemente des beschleunigten Universums – H. Rumpf

PLUS LUCIS 1-2/2011

Kinderplanetenweg Lichtenberg Science on Stage 2011 – I. Regl

Astronomische Spitzentechnik im physikalischen Schauversuch – L. Stadler

PLUS LUCIS 3/2007

Sunny side up – 3. Preis des „European Science Teaching Award“ – I. Regl
Gravity Probe B, Nachweis des Thirring-Lense Effekts – B. Schörkhuber

PLUS LUCIS 1-2/2007

Aus der Forschung Weltraumteleskop MOST im Weltraum – T. Lüftinger
Exoplaneten: Die Nadelsuche im Heuhaufen – R. S. Taubner
Wer sucht, der findet – Nobelpreis für Physik 2006 – B. Schörkhuber
Tragbare Sonnenuhren in Europa ab 1400 – I. Fabian

PLUS LUCIS 1-2/2006

Asteroid Itokawa

Wie sieht die Mondbahn aus? – T. Kranjc

Erdaufgang auf dem Mond? – E. Stütz, H. Kühnelt

PLUS LUCIS 1/2005

Albert Einstein – 100 Jahre: Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?

Begegnung mit Albert Einstein – Walter Thirring

Relativitätstheorie und Schwarze Löcher – C. Faustmann

Planetenweg – K. Lafer

PLUS LUCIS 2/2004

Miniaturforschung: Die Länge der Dämmerung – E. Stütz

Dämmerungsdauer geometrisch betrachtet – D. Stürzer

Höchst seltsame Wunderdinge – F. Samhaber

PLUS LUCIS 1/2004

Venusdurchgang am 8. Juni 2004 – M. Firneis et al.

Christian Doppler, weltbewegend – unbekannt! – P. M. Schuster

PLUS LUCIS 2/2002 – 1/2003

Wien blickt himmelwärts – das Neue Wiener Planetarium – P. Habison

Ein permanent schwingendes Foucault-Pendel für Schulen – R. Szostak

Die zwei berühmtesten Naturkonstanten – G und c. – L. Stadler

PLUS LUCIS 1/2002

Das Erbe des großen Astronomen – Schulsternwarte im BRG Kepler Graz – G. Rath

PLUS LUCIS 3/2001

Elektromagnetische Strahlung als Informationsquelle der Astronomen – S. Schmeja

Astronomie und Navigation – 4. Sommerschule der EAAE – A. Bacher

PLUS LUCIS 2/2001

Planetenweg – A. Hornischer

PLUS LUCIS 1/2001

Wo geht die Sonne auf? – F. Wernig

Sonnenaufgang und Globus – H. Kühnelt

PLUS LUCIS 2/2000

Schule und Weltraum. LunarSat und schulbezogene Projekte – A. Bacher
Erste Beobachtungsergebnisse mit dem Very Large Telescope (ESO) – P. Habison

PLUS LUCIS 2/1999

Das Hubble-Weltraumteleskop: Neue Perspektiven für die Astronomie/Teil 2 – K.-H. Lotze

Der Thirring-Lense-Effekt – nach 80 Jahren jetzt im Experiment? – H. Rumpf und H. Urbantke

PLUS LUCIS 1/1999

Die Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842 – A. Stifter

Kopf hoch! Zur totalen Sonnenfinsternis am 11. August 1999 – R. J. Buchelt

Das Hubble-Weltraumteleskop: Neue Perspektiven für die Astronomie/Teil 1 – K.-H. Lotze

Karl Schwarzschild und sein fotografischer Effekt – Habison

Bestimmung der Entfernung und Größe des Mondes – P. Habison

Sonnenfinsternis 1996

PLUS LUCIS 1/1997

Der Komet C/1995 O1 (Hale-Bopp) ist da!

PLUS LUCIS 3/1996

Die Kuffner-Sternwarte in Wien-Ottakring – P. Habison

PLUS LUCIS 4/1995

Infrared Space Observatory / Österreich im Weltraum – F. Kerschbaum
Projekt Sonnenuhr – I. Fabian

Keplerausstellung in Graz

PLUS LUCIS 3/1994

Kosmische Strings – F. Embacher

Große Köpfe ... kleine Marken: Victor Franz Hess – W. Rentzsch

Ist die Erde wirklich eine Kugel? – G. Rath

Schwarzes Loch in M87?

Komet Shoemaker Levy 9

Asteroid Ida hat einen Mond