



ASTRONOMISCHER ARBEITSKREIS KASSEL E.V.

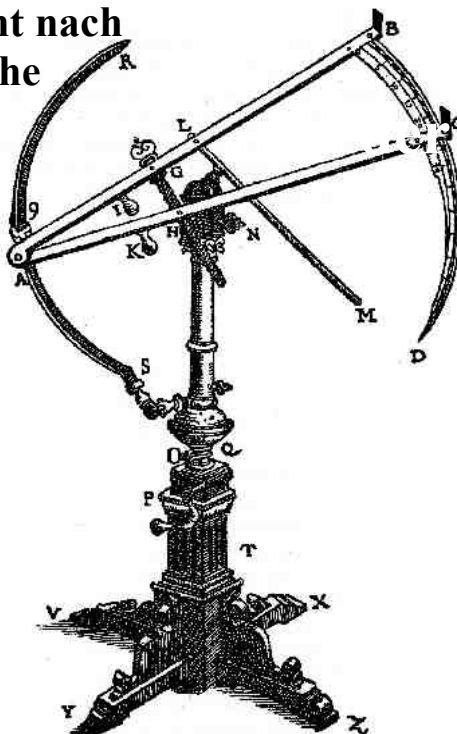
34. Jahrgang

Nummer 102

September 2006

**SEXTANS CHALYBEVS PRO DISTAN-
TIIS PER VNICVM OBSERVATOREM
DIMETIENDIS.**

**Halbsextant nach
Tycho Brahe**



Kleinplanet Pallas • Klimawandel: CO₂-Theorie • Arbeiten in Workshops
Koordinatensysteme • Sinn von Amateurbeobachtungen

Inhaltsverzeichnis

Klaus-Peter Haupt Liebe Mitglieder.....	3
---------------------------------------------------	----------

Beobachtungen

Manfred Chudy Kleinplanet Pallas.....	4
-------------------------------------------------	----------

Berichte

Wulfried Heidrich Ein Halbsextant nach Tycho Brahe.....	5
-------------------------------------------------------------------	----------

Wulfried Heidrich Wie unterscheidet sich die Sternbeobachtung im Horizontsystem von der im Äquatorsystem und im Ekliptiksystem?.....	8
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

Gerhard Stehlik Was beeinflusst die Erdtemperatur wirklich?.....	11
----------------------------------------------------------------------------	-----------

Roland Hedewig Welchen Sinn haben Amateurbeobachtungen?.....	29
------------------------------------------------------------------------	-----------

Marcus Schüler Die neue Sternwartenmontierung Fornax 51.....	39
------------------------------------------------------------------------	-----------

Marcus Schüler Ein „internes“ Gespräch zwischen Vorsitzenden und Kassenwart.....	40
--------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

K.-P. Haupt Eigenständiges Arbeiten in Workshops.....	41
-----------------------------------------------------------------	-----------

Verschiedenes

Christian Hendrich Beobachtungshinweise.....	58
--------------------------------------------------------	-----------

Friedrich Baum Pressespiegel.....	59
---------------------------------------------	-----------

Unser Programm von September bis Dezember 2006.....	61
------------------------------------------------------------	-----------

Titelbild: Halbsextant nach Tycho Brahe, Details siehe Bericht von W. Heidrich, S. 5

Liebe Mitglieder.....

In der letzten Korona gab es die Arbeit der Landessieger Physik bei Jugend forscht zu lesen, wenige Wochen später haben sie mit den zusätzlich gemachten Messungen den Bundessieg im Fach Physik erreicht. Wer die ausführlichere und überarbeitete Bundesarbeit über das Taylorexperiment lesen möchte, kann sie per E-Mail bei mir anfordern.

Die an unserer Sternwarte Calden entstandene Arbeit über Aktive Galaktische Kerne hat den Samuell von Soemmerring – Preis des physikalischen Vereins Frankfurt erhalten.

Damit hat sich der Astronomische Arbeitskreis als einer der Mitanbieter in der Kinder- und Jugendakademie voll etabliert.

Im aktuellen Programm gibt es nach den Herbstferien ein Novum: Seit vielen Jahren wird zum ersten Mal wieder ein Kurs angeboten, der über 7 Wochen geht und eine regelmäßige Teilnahme erfordert.

In den letzten Jahren haben sich die Erkenntnisse der Kosmologie in unglaublicher Weise erhärtet und an traditionellen Vorstellungen und Wünschen der Menschen gerüttelt. Dieses neue Weltbild der Kosmologie soll in einer ausführlichen Darstellung in einem Kurs vermittelt werden. Dabei wird deutlich, dass wir um so weniger vom Kosmos sehen, je weiter wir in die Entfernung gucken. Meinen Sie hier einen Widerspruch zu sehen? Dann wird Sie der Kurs eines besseren belehren.

Ihr KP Haupt

Kraftwerksleistung

Das niederländische Kernkraftwerk Borssele hat eine Leistungsstärke von 450 Megawatt (MW) pro Stunde. In unserem Artikel vom 8. Juli war versehentlich von einer Jahresleistung von 450 MW die Rede. (F.A.Z.)

Kleinplanet Pallas

Manfred Chudy

Am 12.06.2006 konnte unter guten Bedingungen der Kleinplanet Pallas beobachtet werden. Zum Zeitpunkt der Beobachtung stand der Pallas in der Nähe des Sterns mit der Katalognummer SAO 86389 und damit im Sternbild Herkules. Dieser Stern ist übrigens 330 Lichtjahre von der Erde entfernt. Der Kleinplanet Pallas selbst ist 380732132 Mio Kilometer von der Erde entfernt und befindet sich im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter. Er wurde am 28. März 1802 von Heinrich Wilhelm Olbers als zweiter Asteroid (nach Ceres) entdeckt, und nach der griechischen Göttin Pallas Athene benannt. Während der Opposition erreicht Pallas eine scheinbare Helligkeit von bis zu 7,0 mag und ist damit neben Ceres und Vesta der dritthellste Kleinplanet am Himmel. Während der Beobachtung hatte Pallas eine Helligkeit von etwa 9,6 mag, der Stern SAO 86389 eine Helligkeit von 7,4 mag. Die unten abgedruckten Aufnahmen wurden mit der CCD-Kamera am Schear-Refraktor gemacht und jeweils 10 Sekunden belichtet. Die Bewegung von Pallas betrug 26,9 Bogensekunden.



Ein Halbsextant nach Tycho Brahe

Wulfried Heidrich

Zur einfachen Messung von Sternentfernungen (in Winkelgraden) hatte sich Tycho Brahe ursprünglich einen größeren Zirkel umgebaut. Sein Denkmal auf der Insel Hven, auf dem Platz, auf dem einmal seine Uraniborg gestanden hatte, zeigt ihn mit einem solchen Sextantenzirkel in der Hand. Die heutige z.T. recht komplizierte Meßtechnik ist aber aus solchen Handgeräten hervorgegangen. Für Tycho Brahe standen zu seiner Zeit tüchtige Handwerker zur Verfügung, die Erstaunliches geleistet haben, wie man z.B. auch im Astronomisch-physikalischen Kabinett Kassel bewundern kann.

Materialauswahl und Vorarbeiten

Man muß nicht versuchen, die Techniken aus Brahes Zeit nachzuahmen, denn es geht ja v.a. um das Meßprinzip. Deshalb muß man also nicht unbedingt Messing als Material verwenden, sondern kann Holz und Aluminium für den größten Teil des Nachbaus nutzen. Dadurch ergibt sich wegen des geringen Gewichts die Möglichkeit, ein empfindliches Fotogewinde für die Arretierung des Gerätes auf einem Fotostativ zu verwenden. Das Gewinde läßt sich in eine Holzleiste eindrehen, nachdem man mit 7 bis 7,5 mm vorgebohrt hat, je nach Härte der Holzart. Die Holzleiste ist der eine Schenkel des „Zirkels“ und hat im vorliegenden Fall eine Länge von 600 mm und einen Querschnitt von 18 mm x 13 mm (sie lag gerade im Keller herum). Je größer die Länge ist, desto genauer können natürlich die Winkel eingetragen werden.

Vorsichtshalber setze man das Fotogewinde an der Stelle in die Leiste ein, an der die Hebelwirkung möglichst klein ist; also dichter an dem metallenen Skalenteil, auch, wenn dafür Aluminium (z.B. 2 mm dick) verwendet wird. Es sollte ein legiertes Aluminium sein. Zufällig war in der Hofgeismarer Berufsschul-Metallwerkstatt ein Stück eloxiertes Aluminium übrig, das die Kollegen schon auf den Abfall geworfen hatten. Es erwies sich als extrem formstabil und wurde für den Skalenteil verwendet. Den Kollegen sei hier noch einmal für ihre Mithilfe gedankt.

Aus Aluminium sollte der zweite Schenkel, den man vornehmerweise Alhidade nennt, hergestellt werden. Er ist 20 mm breit zugeschnitten worden und 630 mm lang, da er an seinem Ende abgewinkelt und mit einer Peilbohrung versehen werden sollte. Sein Anfang ist am Drehpunkt, wo eine Schraube M4 gleichzeitig als Fixpunkt für das Anpeilen etwa 10 mm aus dem Gelenk herausragt. Da noch der Leistenquerschnitt mit 18 mm Höhe dazukommt, ist eine Schraube von 35 mm Länge geeignet. Als Abschluß für den beweglichen Schenkel (Alhidade) wird eine kleine Unterlegscheibe verwendet, die man mit einer Stopfmutter sichert. Damit der Drehpunkt mit der Peilbohrung fluchtet, ist eine möglichst genaue Mittellinie auf der Alhidade anzubringen. Die ist mithilfe eines Parallelreißers in der o.a. Metallwerkstatt auf dem Aluminium abgetragen worden.

Schließlich sind noch die Kreisbögen auf dem Skalenteil anzubringen, und dazu läßt sich eigentlich nur ein Stangenzirkel für einen Radius von 600 mm verwenden. Da ein solches Gerät außergewöhnlich selten benutzt wird, geht es zur Not auch mit einer Reißnadel, die man an einer straff gehaltenen Schnur um den Drehpunkt herumzieht. Man ziehe gleich mehrere Kreisbögen, nicht nur mit dem Radius 600 mm sondern z.B. auch mit dem Radius 570 mm und mit einem noch etwas kleineren Radius, für eine mögliche anschließende Bearbeitung bzw. Unterteilung.

Ein bißchen Mathematik?

Da ein Sextant seinen Namen von der Tatsache herleitet, daß er mit seiner Meßmöglichkeit ein Sechstel des Vollwinkels erfaßt, 60° , ist ein Halbsextant logischerweise nur in der Lage, Messungen über 30° zu ermöglichen. Wegen der schon erwähnten Überlastungsgefahr für das Fotogewinde durch eine seitlich weit herausragende Skale ist also der Halbsextant mit dem kürzeren Skalenblech für das Modell gewählt worden, denn es geht ja nur um das Kennenlernen des Meßprinzips, das selbst noch beim Spiegelsextanten gilt.

Wie lang aber soll das Skalenblech jetzt abgeschnitten werden? Selbstverständlich ist das von der Länge der Meßschenkel abhängig und außerdem vom Meßwinkel.

Kurz gesagt: Die Bogenlänge l_b ergibt sich aus der Formel $l_b = 2\pi r \alpha / 360^\circ$.

Im vorliegenden Fall ist das ein Bogen von 314 mm Länge, den man aber nicht zu knapp halten sollte, um nicht notwendige Korrekturen unmöglich zu machen.

Bei der Skalierung, der Eintragung der einzelnen Gradzahlen, müßte man jetzt die Bogenlängen jeweils für die oben angegebenen Radien von 600 mm und von 570 mm für jedes einzelne Grad berechnen, auf den zugehörigen Kreisbögen abtragen und die gefundenen Punkte miteinander verbinden. Auf dem äußersten Kreisbogen wären für die Bogenlänge zwischen 0° und 1° ein Abstand von 10,47 mm abzutragen, den man aber eigentlich nicht einfach für die folgenden Abstände aufsummieren dürfte, da dann ein systematischer Fehler auftreten würde. Beim praktischen Anreißen würde man jedoch schon zufrieden sein dürfen, den Wert 10,5 mm richtig zu treffen. Auch hier könnten sich dann die kleinen Ungenauigkeiten zu großen Ungenauigkeiten addieren, wenn man von jeder Anrißlinie aus den nächsten Abstand messen wollte.

Außerdem wäre noch der Kreisbogen mit dem Radius 570 mm auf ähnliche Weise zu berechnen; so daß die für jede Gradzahl gefundenen zwei Punkte zwischen den beiden Kreisbögen miteinander verbunden werden würden und zum Ablesen dienen.

Bei Tycho Brahe geht aber die Unterteilung noch weiter. Er hatte zwischen den Markierungen der einzelnen Gradzahlen bzw. ihren Verbindungslinien schräge Linien anbringen lassen, sogenannte Transversalen. Und auf der Alhidade hatte er eine Skale zum Ablesen auf diesen Transversalen einrichten lassen, so daß er schließlich damit einzelnen Winkelminuten ablesen und Bruchteile davon sogar schätzen konnte.

Nun aber zurück zu dem Eigenbaugerät. Aus praktischen Gründen kann man auch von einem Geodreieck, am Drehpunkt aufgefädelt, die Gradzahlen des Dreiecks unmittelbar mit der Alhidade auf die Skale übertragen, und dazu hilft die sorgfältig gezogene Mittellinie auf dem beweglichen Schenkel. Bis zu ihr hin wird die Alhidade ausgefenstert, und zwar im Bereich des Geodreiecks und dann im Bereich der Skale selbst. Dann braucht man nur oben die Gradzahl einzustellen und nach unten zu übertragen. Voraussetzung dafür ist, daß das Geodreieck für den Übertragungsvorgang auf der Holzleiste arretiert ist. Schließlich kann man sich auch eine doppelte Freude bereiten, nämlich die einzelnen Eintragungen auf der Skale berechnen und dann mit der zuletzt beschriebenen Methode überprüfen, aber die Freude tritt nur ein, wenn die Teilungen dann übereinstimmen.

Nacharbeiten

Da selbst bei größter Sorgfalt immer wieder kleine Abweichungen in den Abmessungen entstehen, ist es für die Skalierung zunächst wichtig, daß die Alhidade bei der Bewegung um ihren Drehpunkt gleichmäßig über die Skale läuft. Dabei ist nicht das Einhalten der Rohmaße an erster Stelle zu berücksichtigen, denn anstatt der angenommenen Länge von 600 mm kann selbstverständlich auch ein kleinerer Radius gewählt werden, vorausgesetzt, die Bogenlänge für 30° wird berücksichtigt. Am besten zieht man mit einer Reißnadel, durch die



Alhidade geführt, jetzt noch einmal den äußeren und den inneren Kreisbogen für die Winkelteilung. Hat der bewegliche Schenkel (um nicht immer von Alhidade zu sprechen) bis zur Mittellinie eine Breite, die zwischen den Kreisbögen der Skale einem Winkelgrad entspricht, so kann man unter ständiger Kontrolle an der Gradeinteilung des Geodreiecks am Drehpunkt besonders schnell dessen Gradeinteilung auf die vorbereitete Skale übertragen. (Im vorliegenden Fall waren es jedesmal 10,5 mm.)

Das genaue Ablesen des Geodreiecks wird wesentlich erleichtert, wenn man die Ausfensterung in seinem Bereich mit der Feile anschrägt, aber nur so weit, daß die Ablesekante der Ausfensterung an der Mittellinie der Alhidade erhalten bleibt. Mit der Reißnadel werden dann die Winkelgrade einzeln vom Geodreieck aus auf der großen Skale zwischen dem angerissenen inneren und äußeren Kreisbogen markiert. Schließlich kann man noch die Transversalen eintragen. Wollte man jetzt jedoch die genauen Ablesemöglichkeiten Brahes erreichen, müßte man die große Ausfensterung des beweglichen Schenkels noch in 6 Teile unterteilen und die dazu nötigen fünf Kreisbögen zwischen dem äußeren und dem inneren Kreisbogen der Skale einfügen.

Die erwähnten und hier so bezeichneten Peilbohrungen an den Enden der beiden Meßschenkel sind jeweils in einem abgewinkelten Aluminiumblechstreifen angebracht. In der Literatur findet man für diese Bohrungen auch die Bezeichnung „Absehen“. Sie sollten möglichst klein sein, und an den historischen Instrumenten sind sie auch z.T. durch Schlitzte ergänzt. Auf jeden Fall müssen sie genau auf der schon erwähnten Mittellinie angebracht werden, und sie sollten auch in gleicher Höhe sein. Im beschriebenen Beispiel haben sie einen Durchmesser von je 1 mm.

Meßversuche mit dem Halbsextanten

Ist der Halbsextant auf dem Fotostativ montiert, so kann an einem klaren Sternabend das Arbeiten mit ihm probiert werden. Im Kosmos-Himmelsjahr von Keller/Karkoschka ist eine Darstellung des Sternbildes GROSSER WAGEN mit eingetragenen Sternabständen, das ei-

nem als Muster für die ersten Versuche dienen kann. Dabei ist jedoch zu beachten, daß man den Halbsextanten mit seiner Skale zunächst einmal parallel zu dem zu messenden Sternabstand einstellt. Man erreicht dies, indem man ihn auf dem Befestigungsflansch des Fotostativs dreht. Das ist mit entsprechendem Augenmaß zu schaffen. Mit Augenmaß wird auch die Richtung angepeilt, in der der entsprechende Stern zu sehen ist. Dabei gilt naturgemäß, daß der rechte Schenkel des Geräts auf den linken Stern zu richten ist, erst dann wird der bewegliche linke Schenkel so weit nach links geschwenkt, bis der rechte Stern damit in etwa fluchtet. (Zur Erinnerung: Scheitelwinkel sind gleich groß!)

Erst nach der groben Einstellung der Richtung kann der Höhenwinkel nachgeregelt werden, diesmal durch Kippen des Befestigungsflansches. Während der Veränderung des Höhenwinkels wird durch die Peilbohrung am festen Schenkel der linke Stern angepeilt, bis er von dem Schraubchen am Gelenk des Geräts verdeckt wird. dann erst wird der bewegliche Schenkel so weit geschwenkt, daß er, durch die Peilbohrung kontrolliert, ebenfalls mit dem Schraubchen am Gerätegelenk den zweiten Stern verdeckt. Unter Umständen muß der Vorgang mehrfach wiederholt werden.

Nach einigen Proben anhand der vorgegebenen Maße in der o.a. Darstellung des Sternbildes wird das Messen anderer Sternabstände immer leichter: Übung macht den Meister!

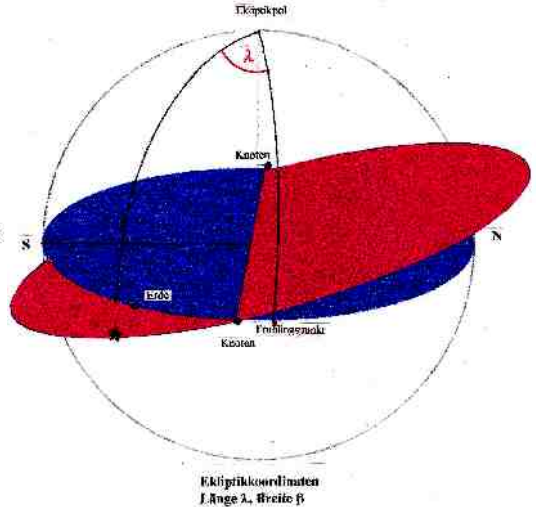
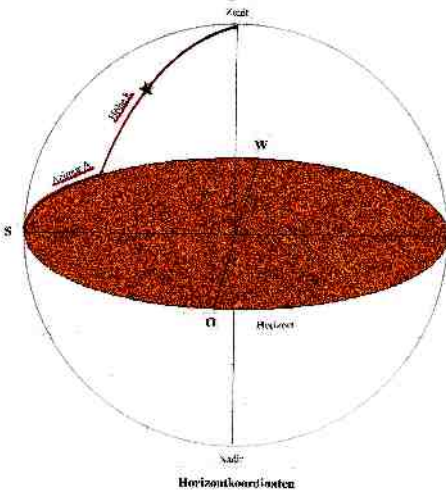
Wie unterscheidet sich die Sternbeobachtung im Horizontsystem von der im Äquatorsystem und im Ekliptiksystem?

Wulfried Heidrich

Das Horizontsystem

Ein Amateurastronom könnte sein Teleskop auf ein Himmelsobjekt richten und den Winkel messen, unter dem es gegen den Horizont nach oben gerichtet ist. Leider ist jedoch die Horizontebene nach allen Seiten hin uneben, durch Bäume, Häuser, Berge behindert. Da hilft die Winkelmessung von der Senkrechten bis zum beobachteten Stern herunter. Der Punkt senkrecht, also 90° über dem Teleskop, heißt Zenit, und man hat damit die Zenitdistanz gemessen, die den gesuchten Höhenwinkel zu 90° ergänzt.

Dann sucht man die Himmelsrichtung nach Süden. Man findet sie, wenn man einige Tage die höchste Sonnenstellung am Beobachtungsort verfolgt. In dieser Richtung liegt der Südpunkt. Von diesem Punkt aus wird die Himmelsrichtung über Westen, Norden, Osten gemessen. Der Winkel wird Azimut genannt. Nachts kann man sich auch über den entgegengesetzten Punkt, den Nordpunkt, zumindest ungefähr orientieren: Bekanntlich führt nämlich die fünffache Verlängerung des Abstands der hinteren Kastensterne des Großen Wagen „nach oben“ zum Polarstern, der dicht neben dem Himmelsnordpol leuchtet. Der Ortsmeridian, die Mittagslinie, verbindet über den Zenit die beiden genannten Punkte. Diese gedachte Linie ist deshalb für die Beobachtung wichtig, weil die Erddrehung die Sterne im sichtbaren Bereich im Laufe einer Nacht bzw. zumindest im Laufe eines Jahres durch diese Linie hindurch wandern läßt. Man sagt, die Sterne kulminieren. Noch heute werden Sternpositionen bei ihrem Meridiandurchgang geprüft. Ein Teleskop, das genau in Nord-Süd-Richtung schwenkbar ist, Meridiankreis genannt, macht das möglich. Außerdem ist nur noch die genaue Zeitbestimmung der Kulmination nötig, sie wird heute bis auf weniger als 0,05 Zeitsekunden festgestellt.



Das Ekliptiksystem

Das Koordinatensystem der Ekliptik bezieht sich auf auf die Bahnebene der Erde. Erst, wenn man von dieser Bahnebene aus die Position eines Fixsterns, eines Planeten oder eines anderen Himmelskörpers bestimmt hat, kann man z.B. Planetenbahnen genau bestimmen, da diese auch in ihrer Bahnebene gegenüber der Erdbahnebene, der Ekliptik, meistens geneigt sind. Dazu geht man vom Ekliptikpol aus, der im Vergleich zum Polarstern etwa unter einem Winkel von 23° im Sternbild Drache zu finden ist. Auf jeden Fall aber befindet er sich senkrecht über der Ekliptikebene. Die ekliptikale Länge λ wird dann wieder vom Frühlingsspunkt ausgehend gemessen, aber in Winkelgraden, und die ekliptikale Breite β parallel zur Ekliptikebene nördlich oder südlich davon, ebenfalls in Winkelgraden.

Auch hier wendet man üblicherweise die Sternzeit als Zeitangabe für die Beobachtung an. Als besondere Meßpunkte sind die Bahnknoten zu nennen, in deren Verbindungslinie sich die Bahnebenen schneiden. Sie sind leicht zu ermitteln, denn an den Stellen muß die ekliptikale Breite gleich Null werden.

Weitere interessante Meßpunkte sind die Oppositionsstellungen der äußeren Planeten zu Erde.

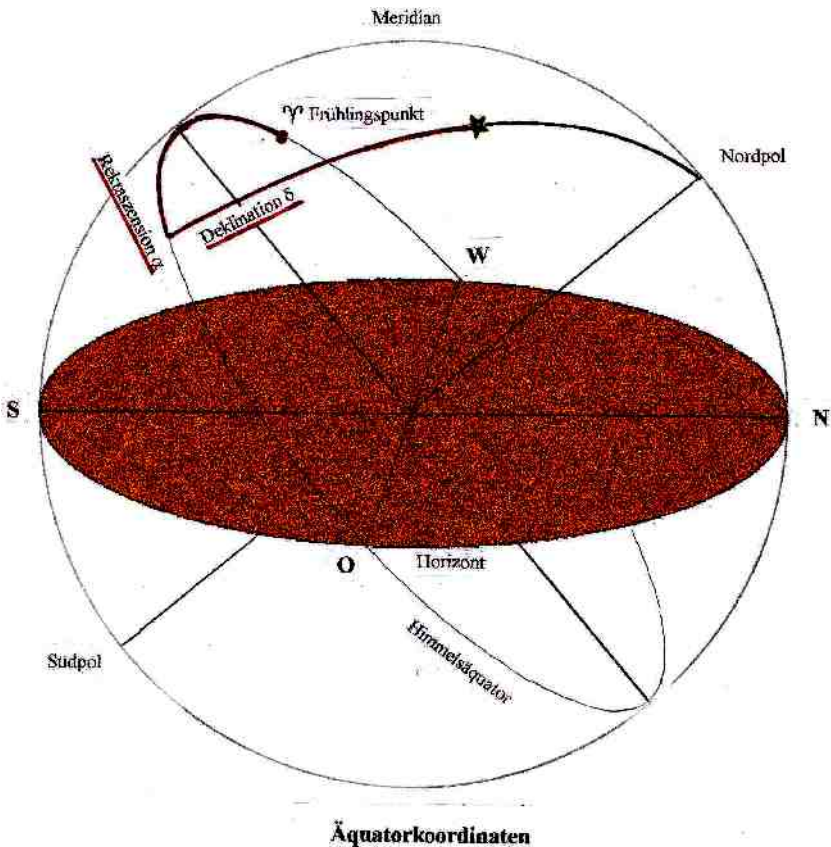
Das Äquatorsystem

Etwas weniger zeitabhängig als im Horizontsystem ist man im Äquatorsystem. Wenn man nämlich sein Teleskop so ausrichtet, daß es beim Schwenken immer parallel zum Erdäquator bleibt, mit seiner Schwenkachse also zum Himmelsnordpol gerichtet ist, dann folgt es der scheinbaren Drehung des Sternhimmels auch parallel zum Äquator. Läßt man die Drehung durch einen Motor mit Uhrwerk ausführen, dann wandert das Teleskop in der gleichen Geschwindigkeit mit einem Beobachtungsobjekt am Himmel mit, wenn es sich nicht gerade um eine Sternschnuppe handelt. Diese Nachführung des Teleskops ermöglicht dann Langzeitaufnahmen.

Nun haben die Fixsterne für uns praktisch gleichbleibende Abstände untereinander (man

glaubte früher, diese Lichtpunkte seien an einer kristallinen Himmelskugel innen fixiert). Damit kann der größte Teil des Sternhimmels von einem Punkt aus in seiner scheinbaren Bewegung erklärt werden, dem so genannten Frühlingspunkt. Das ist zeitlich der Punkt der Tag- und Nachtgleiche, des Äquinoktiums am 21. März, wenn die Erdachse gewissermaßen parallel zur Sonneneinstrahlung steht. Die Sonne befindet sich dann (für uns heute) im Sternbild Fische. Den Abstand eines Sterns von diesem Frühlingspunkt, parallel zum Äquator gemessen, heißt dann Rektaszension und gibt eine Himmelsrichtung an, ähnlich wie der Azimut des Horizontsystems, aber von Süden über Osten gemessen. Da die Rektaszension eine volle Erddrehung erfährt, kann sie sowohl in Teilen eines Vollwinkels als auch in Teilen eines Vierundzwanzig-Stunden-Tages angegeben werden.

Die Sternhöhe wird in diesem System über die Deklination gemessen, also ihrem Abstand in Winkelgraden vom Äquator aus. Sternpositionen oberhalb des Äquators werden als positive Als Zeitmaß wird hier die Sternzeit verwendet. Sie beginnt für einen beliebigen Ortsmeridian praktisch, wenn der Frühlingspunkt diesen Meridian passiert.



Was beeinflusst die Erdtemperatur wirklich?

Eine kritische Betrachtung der CO₂-Theorie

Gerhard Stehlik

In zahlreichen Veröffentlichungen wird behauptet, dass die seit 150 Jahren nachweisbare Erhöhung der Globaltemperatur der Erdoberfläche, die sich auch im Rückgang der Gletscher zeigt, überwiegend durch das vom Menschen seit Beginn der Industrialisierung verstärkt emittierte Kohlendioxid (CO₂) verursacht wurde. Der seit 1900 nachgewiesene Anstieg des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre von 0,029% auf 0,037% und der Anstieg weiterer „Treibhausgase“, vor allem Methan, sei für den Anstieg der Globaltemperatur um 0,6°C verantwortlich. Für die Zukunft werden Szenarien entworfen, nach denen der Mensch bei fortgesetzter Emission von Treibhausgasen die Globaltemperatur in den nächsten Jahrzehnten um mehrere Grade steigern würde.

Zweifel an der CO₂-Theorie ergeben sich aus der Tatsache, dass die Temperatur seit 100 Jahren nicht parallel zum kontinuierlichen CO₂-Anstieg erfolgte, sondern dass z.B. von 1941 bis 1978 eine Abkühlung erfolgte (s. KORONA 100, S. 36/37). Außerdem gab es seit Ende der letzten Eiszeit mehrfach Warmphasen, in denen die Globaltemperatur z.T. höher lag als heute, unterbrochen von ausgesprochenen Kaltphasen wie z.B. der „Kleinen Eiszeit“ von 1500 bis 1850:

- Im Hochmittelalter waren die südlichen Küsten Grönlands so weit eisfrei, dass die Wikinger dort Landwirtschaft betreiben konnten (Grönland = Grünland).
- Zur Römerzeit lag die Baumgrenze in den Alpen viel höher als heute und Gletscher existierten nur oberhalb 3000 m.
- Vor 7000 Jahren waren die Alpen fast völlig eisfrei (s. KORONA 100, S. 34).

Als Ursachen solcher Klimaänderungen sind periodische Änderungen der Erdbahnparameter sowie Änderungen der Strahlungsaktivität der Sonne (Sonnenfleckenzyklen) und infolgedessen Wechsel in der Intensität der Sonnenstrahlung auf der Erde seit mindestens 1970 bekannt (s. KORONA 100, S. 22-28).

Zweifel an der CO₂-Theorie der aktuellen Erwärmung ergeben sich aber auch aus physikochemischen Überlegungen. Diese werden im folgenden Beitrag vorgestellt. Der Autor ist Physikochemiker und beschäftigt sich seit 2002 intensiv mit dieser Problematik.

CO₂ und der Aufruf von DPG und DMG im Jahr 1987

Einzelne Wissenschaftler (Tyndall, Arrhenius, Budyko, Kondratyew) und Organisationen (NASA) haben sich schon früher mit den Spurengasen und deren Bedeutung für den Energiehaushalt der Atmosphäre beschäftigt. 1987 veröffentlichte die „Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG)“ gemeinsam mit der „Deutschen Meteorologischen Gesellschaft“ (DMG) einen Aufruf (1) zum Weltklima. Der entscheidende Satz in diesem Aufruf steht unter der Überschrift „Wissenschaftliche Aussage“ und lautet:

"Wasserdampf und Kohlendioxid in der Atmosphäre haben eine entscheidende Wirkung auf das Klima: ohne diese Spurengase würde aufgrund der Strahlungsbilanz zwischen Einstrahlung von der Sonne und Abstrahlung von der Erde die mittlere Temperatur an der Erdoberfläche etwa -18°C betragen."

Diese „Wissenschaftliche Aussage“ zweier hoch angesehener wissenschaftlicher Gesellschaften war in Deutschland der Beginn der Klimapolitik. Sie hat auch die Weichen der Klimawissenschaft in entsprechende Bahnen gelenkt. Der Aufruf wurde in 2500

Exemplaren gedruckt und an Politiker, Journalisten, Vertreter der Wirtschaft sowie an die Mitglieder der DMG verschickt.

DPG und DMG nennen in dem Aufruf die Namen der Autoren. Die „Wissenschaftliche Aussage“ wird aber nicht mit Literaturhinweisen belegt. Das Modell, mit welchem die Erdoberflächentemperatur von -18°C berechnet wurde, wird nicht beschrieben. Einer der Autoren, Professor Schönwiese, veröffentlichte aber Lehrbücher der Klimatologie, in denen die Berechnung der Temperatur von -18°C beschrieben ist.

Beim Lesen des dreiseitigen Textes stellt man fest, dass es sich hier nicht um eine physikalische und damit naturwissenschaftliche, sondern um eine energiepolitische Aussage handelt. Und tatsächlich wird in der Einleitung des Aufrufes erklärt, dass dieser vom „Arbeitskreis Energie“ der DPG erarbeitet wurde. Er befasst sich wissenschaftlich nicht mit Umweltpolitik, Thermodynamik („Wärmelehre“) oder Optik.

Das Modell der Erde geht von einer völlig abstrakten mathematischen Kugeloberfläche aus. Wolken, Eisflächen, Verteilung von Land und Meer, Relief und Vegetation werden nicht berücksichtigt.

Für einen Physiker muss das nicht schlimm sein. Für ihn wiegt schwerer, dass dabei nur ein einfaches Strahlungsbilanzmodell zum Tragen kommt und das hierfür entscheidende Teilgebiet der Physik, die Thermodynamik, einfach übergangen wurde. Dabei dient gerade die „Wärmelehre“ dazu, Temperaturen aus Energiebilanzen zu berechnen. Zentrale Begriffe der Thermodynamik wie Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität spielen in diesem Modell keine Rolle. Juristisch betrachtet, haben DPG und DMG damit nichts Unwahres gesagt. Sie haben nur wesentliche Elemente zur Wahrheitsfindung nicht behandelt. Materie, die sich so verhält, wie die in diesem Modell beschriebene mathematische Kugel, gibt es nicht.

Weiter unten wird gezeigt, wie sich Kugeln aus Materie ganz anders verhalten als diese mathematische Kugel. Zu diesem Zweck werden Kugeln aus drei verschiedenen Gasatmosphären betrachtet: eine Kugel aus Luft ohne Spurengase, eine nur aus Kohlendioxid und eine nur aus Wasserdampf.

Für einen Meteorologen ist es nicht akzeptabel, dass in einem solchen Modell zur Temperaturberechnung auf die Behandlung der für Planetenatmosphären typischen Schichten („Sphären“) verzichtet wird, die nach den Temperaturen dieser Schichten klassifiziert werden. (vgl. Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band VII: „Erde und Planeten“, Berlin, 2001, S. 605)

Eine ausführlichere und aktuellere Fassung der oben zitierten „Wissenschaftlichen Aussage“ von DPG und DMG von 1987 befindet sich auf der Internetseite des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg. Auch dort werden die -18°C angegeben, ohne dass die mathematische Gleichung der Berechnung genannt wird. Im Gegensatz zum Aufruf von 1987 wird dort ausgeführt, dass die Berechnung für eine Erde ohne Atmosphäre gilt. Auch das ist – wie oben bereits gesagt – nicht unwahr, sagt aber nicht, dass die Berechnung mit einer mathematischen Kugel – aber nicht mit der Erdkugel – erfolgt. (2)

Das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung formuliert die Aussage auf seiner Internetseite wie folgt: "Das Stefan Boltzmann'sche Gesetz sagt aus, dass sich die Erde damit auf -18°C erwärmt.“ (3) Diese Aussage soll so nicht zitiert werden und bedarf des Kommentars: „Dies ist die Gleichgewichtstemperatur für die Erde als „schwarzer Körper“ (gute Näherung im Infrarotbereich) OHNE Treibhauseffekt.“ (4)

Bemerkenswert ist auch die folgende Erklärung des natürlichen Treibhauseffektes, die der Dissertation 2002 von Steffen Frey im Fachbereich Physik der FU Berlin entnommen ist. (5) Hier wird nicht die Wärmestrahlung der Erde absorbiert, sondern das von der Sonne am Erdboden reflektierte Licht. Das zeigt, wie breit die Möglichkeiten der Interpretation sind

und wie wenig präzise verstanden wird, was der Treibhauseffekt wirklich sein könnte:

„Obwohl der größte Teil der Strahlung an der Erdoberfläche absorbiert wird, ist ihre Reflektivität doch zu hoch, um die mittlere Oberflächentemperatur der Erde von 15°C zu erklären. Ein Teil des reflektierten Lichts muss also diesen Beitrag leisten, indem es auf dem Rückweg in Richtung Weltall doch noch absorbiert oder wieder zurückgestreut wird. So entsteht der natürliche Treibhauseffekt, dem wir die Anhebung der Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche von ca. -30°C auf angenehme 15°C zu verdanken haben.“

Auch die aktuelle Stellungnahme der DMG (6) aus der Feder von Herrn Professor Herbert Fischer, Forschungszentrum Karlsruhe und derzeitigem Vorsitzenden der DMG, verwendet keine Begriffe aus der Thermodynamik. Das Fazit lässt viel Raum für Interpretationen in die eine oder andere Richtung:

„Es ist wissenschaftlich eindeutig nachgewiesen, dass sich die Strahlungsflüsse im System Erde/Atmosphäre durch die Zunahme der klimarelevanten Spurengase verändern. Ohne Berücksichtigung der Rückkopplung mit dem komplexen Klimasystem würde dies mit Sicherheit zu einer Erwärmung der Erdoberfläche und der Troposphäre führen. Die eigentliche, wissenschaftlich herausfordernde Debatte beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit die verschiedenen Rückkopplungsprozesse die strahlungsbedingte Erwärmung verstärken oder dämpfen.“

Beispiel Luft

Im DPG / DMG-Modell absorbiert die Kugeloberfläche Sonnenstrahlung und emittiert Wärmestrahlung. Daraus wird die Temperatur der Kugeloberfläche berechnet.

Luft – genauer gesagt 97 % ihrer Hauptbestandteile – verhält sich anders als dieses Modell. Stickstoff und Argon absorbieren weder Sonnenlicht (7), noch strahlen sie Wärme aus (8). O₂ absorbiert nur fernstes UV-Licht der Sonne vollständig und hat auch im Sichtbaren eine schwache Absorptionsbande. Deshalb kann mit Hilfe des DPG / DMG-Modells die meteorologische Temperatur nicht berechnet werden. Sie wird in Luft in 2 m Höhe über dem Boden in von der WMO genormten Wetterhütten gemessen.

Beispiel Wasserdampf

Betrachten wir die noch verbleibenden maximal 2% „Spurengase“ der Luft: Wasserdampf (0,1 – 2% in Meeresspiegelhöhe, 0% in 12 km Höhe) und Kohlendioxid (0,037% in Meeresspiegelhöhe). Wäre das Strahlungsbilanzmodell beim Wasserdampf anwendbar?

Wasserdampf besitzt beide Strahlungseigenschaften: Er kann Sonnenlicht absorbieren und Wärme abstrahlen. Er absorbiert aber nicht sichtbares Sonnenlicht, sondern nur das viel schwächere unsichtbare Infrarotlicht der Sonne, und er sendet seine Wärmestrahlung nicht homogen aus wie ein „Schwarzer Strahler“, sondern in sogenannten „Banden“. (Frequenzbändern analog den Rundfunkkanälen.) Anders als trockene Luft absorbiert feuchte Luft Sonnenstrahlung und emittiert Wärmestrahlung. Aus der Bilanz kann eine Temperatur berechnet werden. Das Rechenergebnis ist aber nicht -18°C. Die Luftfeuchtigkeit schwankt extrem (0,1 – 2% abs. Feuchte in g/m³) und damit schwanken auch die daraus berechneten Temperaturen. Sie wären „klimapolitisch“ und „klimawissenschaftlich“ wertlos.

Beispiel Kohlendioxid (CO₂)

Bleibt als Drittes die Betrachtung des Kohlendioxids, um das es im Kern eigentlich geht. Kohlendioxid kann wie die Hauptbestandteile der Luft fast kein Sonnenlicht absorbieren. Die C=O-Valenzschwingung des CO₂ kann nur sehr fernes und sehr schwaches Infrarotlicht

der Sonne absorbieren. Diese Bande bei ca. 2200 cm^{-1} strahlt auch Wärmestrahlung aus. Ihre Bilanz ist entweder minimal positiv oder negativ. Spektroskopiker können berechnen, bei welchen Temperaturen Absorption oder Emission überwiegt. Es kann die Strahlung der Sonne nicht direkt zur Erwärmung der Luft nutzen. Es verhält sich hier so wie die Hauptbestandteile der Luft: Sauerstoff, Stickstoff, Argon.

Kohlendioxid kann aber wie Wasserdampf Wärme abstrahlen. Bestünde die mathematische Kugel des DPG / DMG Modells aus Kohlendioxid, könnte sie sich - bestrahlt von der Sonne - nicht erwärmen. Wäre sie schon warm, kühle sie sich bis auf Weltraumkälte von ca. -270°C ab, indem die Schwingungsbanden des Kohlendioxids ihre Energie in das kalte Weltall abstrahlten. Wissenschaftlich exakt passiert das nicht, weil CO_2 bei ca. -70°C zu einem Feststoff kondensiert. Der CO_2 Feststoff kann im Gegensatz zum CO_2 -Gas Sonnenstrahlung wegen der Schwingungsmöglichkeiten des Kristallgitters viel besser absorbieren.

Fazit

Das Gesamturteil über die angebliche wissenschaftliche Aussage in diesem Aufruf lautet: Die Physik der Luft (in 2 m Höhe über dem Boden) wird vollständig unterschlagen, das Strahlungsbilanzmodell ist bei den Hauptbestandteilen der Luft weder bei Absorption, noch bei Emission anwendbar und beim Kohlendioxid nur bei der Emission. Beim Wasserdampf bzw. feuchter Luft liefert es nicht das Ergebnis einer Erwärmung vom -18° auf $+15^\circ\text{C}$. Kohlendioxid könnte - in dieses Strahlungsbilanzmodell als Gaswolke eingesetzt - nur kühlen, aber niemals erwärmen.

Warum wurde die Physik auf CO_2 fokussiert?

Die Politiker und Journalisten wurden damals von DPG / DMG nicht über die Schlichtheit des angewandten Modells in Kenntnis gesetzt. Und so ist das bis heute geblieben. Wie konnte in einer aufgeklärten und freien Gesellschaft etwas geschehen, was an das Märchen „Des Kaisers neue Kleider“ von Hans Christian Andersen erinnert? (9)

Der Universitätscampus der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt Bockenheim kann als die „Gebärmutter der grünen Bewegung“ in der Bundesrepublik Deutschland in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts betrachtet werden. Die beiden damals führenden Persönlichkeiten der DMG, die Professoren Dr. H.-W. Georgii, von 1981 bis 1983 Vorsitzender der DMG, und Dr. C.-D. Schönwiese, von 1985 bis 1987 Vorsitzender der DMG (10), hatten ihr „Institut für Meteorologie und Geophysik“ in der Mitte dieses Campus. Beide haben, um nur ein Beispiel zu nennen, 1999 das „Manifest zur Minderung des anthropogenen Treibhauseffektes durch die Wald- und Holzoption“ mitunterzeichnet. (11) Durch sie fanden Themen wie Überbevölkerung, Ressourcenverbrauch und Umwelterstörung durch den Menschen zurecht Eingang in die meteorologischen Lehrbücher und in das Bewusstsein der Studierenden. (12) Die Hypothese der Treibhausgaswirkung fördert die Durchsetzung einer Politik der Schonung der fossilen Brennstoffvorräte. Diese Schonung der Vorräte ist sinnvoll, weil fossile Rohstoffe jetzt und in Zukunft vor allem für die Synthese vieler chemischer Verbindungen (Kunststoffe, Medikamente u.a.) benötigt werden. Bei dieser Politik wird aber häufig nach dem Prinzip verfahren: Der gute Zweck ist wichtiger als die Richtigkeit der verwendeten Mittel.

Der „Arbeitskreis Energie“ der DPG stand damals wie heute unter dem Einfluss der Kernphysiker. (13) Diese hatten 1986 die Katastrophe in Tschernobyl zu verkraften und wollten mit ihrer Initiative contra Kohlendioxid die Kernenergie wieder ins Spiel bringen. Diese Rechnung ist nicht aufgegangen, weil sich die ökologische Bewegung nicht auf das Spiel einließ.

Die Qualität des physikalischen Modells der Erde, vor allem der Atmosphäre, zur Berechnung der globalen mittleren meteorologischen Temperatur ist entscheidend dafür, ob die Temperaturberechnung der Physiker exakt ist oder nicht. Bei der Abweichung von berechneter (-18°C) zu gemessener Temperatur (+15°C) ist es in der Physik üblich, das Modell schrittweise zu verbessern, bis Rechenergebnis und Messwert befriedigend übereinstimmen.

DPG und DMG erklären nicht, warum hier anders vorgegangen wurde und warum die gesamte Differenz von 33°C lediglich mit den Spurengasen und dem „Treibhausgaseneffekt“ erklärt wird.

Tabelle 1: Berechnung der Erdtemperatur aus der Strahlungsbilanz: Sonne – Erde – Weltall *)

Nr.	Formel	Symbol	Dimension	Bedeutung
1	$E = 0,7\pi r \cdot 1365$	E	[W]	Aufgenommene Energie
2	$A = 4\pi r^2 \sigma T^4$	A	[W]	Abgestrahlte Energie
2a	$\sigma = 5,67051 \cdot 10^{-8}$	σ	[W/(m ² K ⁴)]	Stefan-Boltzmann-Konstante
3	$E=A; 0=A-E$		[W]	Strahlungsbilanz = Energiebilanz
4	$0,7\pi r^2 \cdot 1365 = 4\pi r^2 \sigma T^4$		[W]	1, 2 und 3 ergeben 4
5	$239 / \sigma = T^4$		[W]	Kürzen und Rechnen
5a	$239 / 5,67051 \cdot 10^{-8} = T^4$		[K ⁴]	2a eingesetzt
5b	$4214788440 = T^4$		[K ⁴]	Vierte Potenz bzw. vierte Wurzel bilden
6	$254,8 = T$	T	[K]	Absolute thermodynamische Temperatur
7	$t + 273,15 = T$	T	[K]	Definition von T in [K]
7a	$t = 254,8 - 273,15 = -18,35$	t	[°C]	Meteorologische Temperatur

(*) Die berechnete Temperatur gilt für die Erde als Schwarzsstrahlerplanet, aber nicht für die Erdoberfläche, wie von DPG und DMG 1987 behauptet.

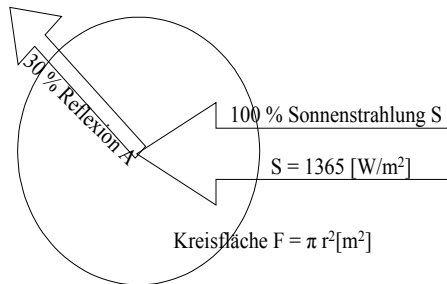
Was folgt aus der Fokussierung auf CO₂?

Dieser Aufruf und seine weltweite Verbreitung, zu der dann auch die NASA sehr erfolgreich beigetragen hat, führte zur Entwicklung der heutigen Klimamodelle und den mit Supercomputern ausgestatteten Klimarechenzentren. Deshalb gehen die vier nationalen Klimarechenzentren in USA, England, Deutschland und Japan alle gemeinsam davon aus, dass die derzeit zu beobachtende Klimaerwärmung hauptsächlich vom Kohlendioxid verursacht wird, welches die Menschheit freisetzt. (14) Das physikalische Modell dieser Temperaturberechnung ist aber so unangemessen, dass die gesamte Treibhausgas-hypothese überbewertet sein könnte oder sogar so falsch sein könnte, dass die CO₂-Zunahme die Atmosphäre nicht erwärmt, sondern sogar kühlt.

Dieser „provokierende Gedanke“ ist nicht so abwegig, wie es scheint. Schließlich ist unbestritten und experimentell nachgewiesen, auch theoretisch begründet, dass ein Teil der Atmosphäre wegen der CO₂ Zunahme kälter geworden ist, nämlich der weltraumnahe Teil, von dem aus CO₂ seine Schwingungsenergie ins Weltall ausstrahlt. Doch dazu später mehr.

Und noch eine allgemeine Aussage, bevor die Details behandelt werden: Dieses schlichte Modell ist ganzheitlich für das System Sonne – Weltall –Erde völlig richtig. Das gilt nicht für die exakten Zahlenwerte von Albedo (30%) und die daraus berechnete „Erdtemperatur“ (-18°C), sondern für den Grundsatz, dass aus der Strahlungsbilanz eine „Erdtemperatur“

DPG und DMP behandeln 1987 die Erde bei der Bestrahlung durch die Sonne wie eine Kreisscheibe anlog dem Bild eines Vollmondes.



$$\begin{aligned} \text{Eingestrahle und aufgenommene Energie: } E &= 0,7 F S \\ E &= 0,7 \pi r^2 1365 \text{ [W]} \end{aligned}$$

Abb. 1: Einstrahlung von der Sonne

berechnet werden kann. Es ist aber nicht in der Lage, irgendeine auch nur vage Aussage zu machen, über die geometrische Höhe bei der diese „Erdtemperatur“ auftreten soll. Das ist der entscheidende Mangel an diesem Modell. Weitere Mängel werden bei der Behandlung der Details beschrieben (Bandenstrahler statt „Schwarzer Strahler“, Thermodynamik der Atmosphäre, Transparenz des Wassers, Faktor Zeit).

Einfache Modelle: Faszination und Mängel

Das Faszinierende an diesem Modell ist, das es so unglaublich einfach ist. Jedermann versteht es und kann die Berechnung der -18°C ganz leicht selbst nachvollziehen. Abbildung 1 und 2 zeigen die zwei Elemente des Modells. Der Rechengang ist in Tabelle 1 dargestellt. Das alles ist auch im Grundsatz richtig. Daher ist verständlich, dass es von vielen unkritisch akzeptiert und verallgemeinert in viele Lehrbücher übernommen wurde. Es ist wie damals bei dem jedermann völlig verständlichen geozentrischen Weltbild von Aristoteles und Ptolemäus (15) mit der Erde als Mittelpunkt, über dem die Sonne im Osten auf und im Westen untergeht. Dazu passte die Bewegung fast des gesamten Sternenhimmels. Erst die Rechengenauigkeit des Kopernikus bei den Planetenbahnen führte zum Siegeszug des heliozentrischen und richtigen Weltbildes.

Die Wahrheit liefert die kritische Analyse

Das Richtige an dem Modell ist: Überall rund um den ganzen Globus existieren geometrische Orte, gleichsam eine imaginären Hülle der Erde, die dadurch gekennzeichnet ist, dass dort die Strahlungsbilanz mathematisch exakt Null ist. Das Modell ist aber nicht geeignet, die geometrischen Orte diese Hülle zu berechnen.

Überall auf der Erde gibt es eine Höhe über, nahe bei oder unter der Erdoberfläche mit einer Temperatur von -18°C . Diese -18°C Hülle liegt in Polnähe in Meeresspiegelhöhe und steigt bis zum Äquator auf über 6000 m Höhe an. Liegen die Oberflächentemperaturen unter -18°C (Sibirien), befindet sich die -18°C Hülle entsprechend tief im Boden.

Hoch in der Atmosphäre könnte die -18°C Hülle mit der Hülle ausgeglichener

Strahlungsbilanz zusammenfallen. Liegt die -18°C Hülle aber unter der Oberfläche, strahlt dort keine Sonne hin. Wärmestrahlung ist aber auch bei -18°C vorhanden. Die Strahlungsbilanz ist nicht ausgeglichen. Damit ist gezeigt, dass die -18°C Hülle unter der Erde nicht die Hülle ausgeglichener Strahlungsbilanz ist.

Diese -18°C Hülle hat nicht die geometrische Form einer Kugel. Welche geometrische Form die Hülle ausgeglichener Strahlungsbilanz hat, ist unbekannt.

DPG und DMP behandeln 1987 die Erde bei der Ausstrahlung von Wärmestrahlung wie eine Kugeloberfläche. Die Ausstrahlung ist extrem überproportional zur Temperatur.

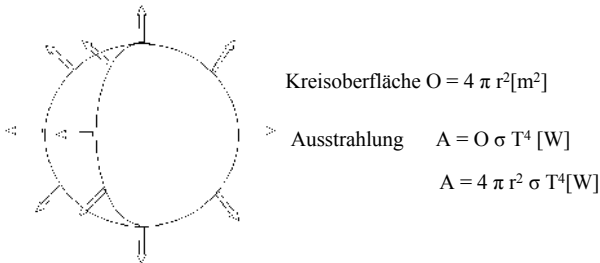


Abb. 2: Ausstrahlung von Wärmestrahlung ins Weltall

Wo endet die Sonnenstrahlung?

Die reale Erde hat keine kugelförmige Oberfläche als geometrischen Ort, an welchem die Sonnenstrahlung endet. Der harte Teil der UV Strahlung der Sonne endet schon ganz oben fast noch im Weltraum, sobald diese UV Strahlen das erste zweiatomige Sauerstoffmolekül ($\text{O}_2 = \text{O}-\text{O}$) richtig treffen. O_2 -Moleküle spalten in Sauerstoffatome O. Diese bilden mit anderen Sauerstoffmolekülen Ozon: $\text{O}_2 + \text{O} = \text{O}_3$. Ozon (O_3) ist ein instabiles Molekül aus drei Sauerstoffatomen, das aus einem dreigliedrigen Ring besteht. Dieser Dreiring absorbiert dann den weichen Teil der UV-Strahlung und zerstört sich dadurch meist sofort wieder.

In dieser Art setzt sich die Kette der Absorptionsverluste der Sonnenstrahlung über die ganze Höhe der Atmosphäre fort. Zugegeben, am festen Boden endet viel, mehr noch endet aber erst unter Wasser. Die tiefsten Stellen der Erde, an welchen das Sonnenlicht endgültig verschwunden ist, liegen im klaren Wasser tropischer Meere in mehrere hundert Meter Tiefe. Dorthin gelangt der blau-grüne Teil des Sonnenlichts. Aber auch in sehr klarem Wasser werden 80% des einfallenden Lichtes in den obersten 10 Metern absorbiert.

Wo beginnt die Wärmestrahlung, die in den Weltraum entweicht?

Es gibt auch keine kugelförmige Oberfläche auf der Erde, von der alle Wärmestrahlung ausgeht, welche von der Erde ins Weltall hinaus gestrahlt wird. Wärmestrahlung bestimmter „Farbe“ (Frequenzkanäle) kommt vom Erdboden, von den Wolken, von Wasseroberflächen, auch von Eis und zu guter Letzt von den Spurengasen Wasserdampf und Kohlendioxid der Atmosphäre.

Wie kommt das falsche Ergebnis zustande?

Strahlungsflüsse im Weltall können nur deshalb entsprechend dem DPG / DMG Modell gesamtenergetisch bilanziert werden, weil oberhalb der Atmosphäre im „freien“ Weltall fast keine Materie vorhanden ist. Ein an Materie gebundener Energietransport findet dort praktisch nicht statt. Die Strahlung im Weltraum läuft auch nicht durch Materie hindurch, bei der Strahlung durch Absorption in Wärme umgewandelt wird,

Die im Langzeitmittel positive Strahlungsbilanz, die vom Boden zur Luft gerichtet ist und die Luft nicht ständig wärmer macht, beweist, dass die globale mittlere Temperatur der Luft nicht allein aus der Strahlungsbilanz berechnet werden kann. Es ist ein Lehrsatz der Thermodynamik: Finden Strahlungsprozesse im Innern von Materie statt, wie in Luft oder Wasser, ist es unmöglich, die Temperatur der Materie aus der Strahlungsbilanz zu berechnen.

Konkret heißt das: Mit dem DPG / DMG Strahlungsbilanzmodell kann die mittlere globale Temperatur der Luft in 2 m Höhe über der Erdoberfläche nicht berechnet werden und auch nicht näherungsweise abgeschätzt werden, weil dazu die gesamte Energiebilanz erforderlich ist. Dazu trägt der an Materie gebundene Energiefluss den größeren Teil bei und die Strahlungsbilanz ist nicht maßgeblich.

Ein Fehler kommt selten allein.

Die Kritik an der „Wissenschaftlichen Aussage“ von DPG und DMG ist damit noch nicht erschöpft: Alle möglichen Fehler des Modells werden durch den Fehler der „Treibhausgaswirkung der Spurengase“ kompensiert. Bei der Öffentlichkeit und bei den Mitgliedern beider Gesellschaften wird so der Eindruck erweckt: Die „Wissenschaftliche Aussage“ sei richtig und eine Tatsache.

In Wahrheit wird an diesen beiden Gasen der Fehler zu 100% wiederholt, der schon vorher an der Erde als Ganzes gemacht wurde. Beide Fehler heben sich daher gegenseitig auf.

Konkret bedeutet das: Die Spurengasmoleküle werden wie vorher die Erde als mathematische Kugeln behandelt, die auch wiederum nur Strahlung absorbieren und Strahlung emittieren können, obwohl diese Moleküle – genau wie Erde und Atmosphäre auch - energetisch sehr viel mehr können, weil sie ja auch nicht aus materiefreiem Raum bestehen. Sie können genau so wie die Luft als Ganzes, aufgenommene Strahlung in Wärme und Wärme in potentielle Energie der Höhe umwandeln und damit Energie transportieren. Nur der Transport der Gesamtenergie und nicht der Teiltransport durch Strahlung, ist für den Wärmeinhalt der Materie und für ihre Temperatur relevant.

Zwei Fehler – trotzdem ein richtiges Ergebnis?

Ganz einfach in der Sprache der Mathematik ausgedrückt: DPG und DMG haben den ersten Rechenfehler von -33°C , der im Strahlungsbilanzmodell durch das Weglassen des materiegebundenen Energietransportes entstanden ist, durch den gleichen Fehler um $+33^{\circ}\text{C}$ korrigiert. Dazu wird der „natürliche Treibhausgasereffekt“ eingeführt. Bei der Berechnung des Treibhausgasereffektes der Moleküle H_2O und CO_2 wird wieder der gleiche Fehler gemacht wie vorher bei der Erde. Es wird wieder nur das Strahlungsverhalten und nicht das Gesamtverhalten dieser Moleküle betrachtet.

Die beiden Fehler haben die gleiche Qualität, sind aber entgegen gerichtet und heben sich gegenseitig auf. Beide bestehen darin, dass Strahlung und Temperatur in der einfachen mathematischen Gleichung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes miteinander verknüpft werden. Die einfachen Aussagen, messe ich die Strahlung, kann ich daraus exakt die Temperatur berechnen und umgekehrt, messe ich die Temperatur, kann ich daraus exakt die Strahlung berechnen, haben nicht die erforderliche Präzision und Richtigkeit.

Ein Beispiel aus einem anderen Bereich

Auch die Quantenphysik der Moleküle lehrt uns, dass die Absorption von Strahlung durch Materie nicht zu einem Temperaturanstieg führen muss und dass die Temperatur der absorbierenden Materie nicht aus der absorbierten Energiemenge berechnet werden kann. Quantenphysik ist nicht jedermanns Sache. Einfacher ist es, die beiden Fehler an einem Alltagsbeispiel zu veranschaulichen.

Photozellen aus Silizium wandeln Sonnenlicht in elektrischen Strom um. Sie haben heute noch einen schlechten Wirkungsgrad von nur 15%, sind schwarz und absorbieren Sonnenlicht zu 100%. Die absorbierte Strahlung erhöht die Temperatur nicht so, wie es mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz zu berechnen wäre, weil 15% des absorbierten Sonnenlichts statt in Wärme, in elektrischen Strom umgewandelt werden. Die Ausbeute an elektrischem Strom kann aus dem Stefan-Boltzmann-Gesetz nicht berechnet werden.

Lieferten ideale Photozellen in der Zukunft zu 100% elektrischen Strom, blieben sie nahezu kalt und absorbieren dennoch 100% der Sonnenstrahlung. Deutlicher kann nicht gezeigt werden, welche Fehler möglich sind, wenn Strahlungsabsorption und umgekehrt Strahlungsemission in einer einfachen mathematischen Gleichung in Temperaturwerte umgerechnet werden.

Was sagt die Thermodynamik zum CO₂-Effekt?*Allgemeines*

Unstreitig ist, dass 97% der Atmosphäre, also Stickstoff und Sauerstoff, nicht in der Lage sind, Wärmestrahlung an das Weltall abzugeben und somit zur Abgabe von Energie aus der Atmosphäre ins Weltall nichts beitragen. (8) Nur die Spurengase Wasserdampf (0,1 - 2%) und Kohlendioxid (0,037%) geben Energie in Form von Wärmestrahlung an eine kältere Umgebung wie das Weltall ab und nehmen umgekehrt von einer wärmeren Umgebung Wärmestrahlung auf. Beim Abgeben von Wärmestrahlung können sie theoretisch kälter, beim Aufnehmen wärmer werden. Weiter unten wird gezeigt, dass bei Emission und Absorption von Strahlung in einem „lokalen thermischen Gleichgewicht“ keine Temperaturänderung auftritt. Die „Physik der Atmosphäre“ kennt nicht nur das „Stefan-Boltzmann-Gesetz“, sondern ist viel komplexer.

Hauptsächlich tauschen Erdoberfläche und Atmosphäre Wärme durch „Körperkontakt“ aus, also durch „mikrokosmische“ Übertragung kinetischer Wärmeenergie durch Stöße zwischen den Hauptbestandteilen der Luft („Gasmolekülen“) und mikrokosmischen Strukturelementen kondensierter Materie („Kristallgitter“ fester Materie und „Wassermolekülclustern“) aus. Die gleichzeitige Übertragung von Wärme durch Wärmestrahlung ist von untergeordneter Bedeutung.

Die Lufthülle der Erde befindet sich zwischen der Erdoberfläche, welche von der Sonne erwärmt wird, und dem rund -270°C kalten Weltall. Daraus folgt, dass im durchschnittlichen Tagesmittel bzw. im Jahresmittel so andauernd, wie die Sonne strahlt und die Erde sich dreht, Energie vom warmen Boden durch die Luft in den Weltraum fließt. Lediglich im Tag-Nacht-Rhythmus ist der Energiefluss nicht immer von unten nach oben gerichtet, sondern in der Nacht, wenn die Sonne nicht mehr scheint, kann sich die Richtung eine Zeitlang umkehren. In dieser Zeit ist die bodennahe Luft wärmer als die Erdoberfläche. Zum Abschluss dieses allgemeinen Teils noch etwas sehr Wichtiges: Energietransport durch Strahlung erfolgt extrem schnell mit Lichtgeschwindigkeit – auch wenn diese Strahlung nicht durchs Weltall läuft, sondern durch transparente Materie wie Wasser oder Luft. (Alltagserfahrung beim Einschalten einer Infrarotlampe.) An Materie gebundener Energietransport erfolgt viel langsamer. Am langsamsten ist der an unbewegliche Materie

gebundene Energietransport in Festkörpern. (Einschalten eines Bügeleisens.) Der Energietransport in beweglicher Materie wie Wasser oder Luft ist dagegen deutlich schneller (Konvektion), aber trotzdem unvergleichlich langsamer als der Transport durch Strahlung. Aber Vorsicht, die Transportgeschwindigkeit hat nichts zu tun mit der Transportkapazität pro Zeiteinheit. (Vergleiche Porsche und LKW.)

Die Energietransportkapazität vom Boden über die Luft ins Weltall

Betrachten wir den Energietransport durch die Atmosphäre genauer: Die untere Luftschicht wird tagsüber, unmittelbar über dem Erdboden, durch direkte Berührung (physikalisch ausgedrückt durch Wärmeleitung) erwärmt. Die Luft transportiert die aufgenommene Wärme als frei bewegliches Gas ganz besonders schnell durch Wärmekonvektion in die Höhe. (Thermik der Segelflugzeuge.) Zusätzlich wird der mittlere Bereich der Atmosphäre in Höhe der Wolken tags und nachts ganz beträchtlich erwärmt durch die Kondensationswärme, die bei der Bildung der Wolken frei wird.

Darüber hinaus kühlt sich der Boden auch noch dadurch ab, dass er einen Teil seiner Energie als Wärmestrahlung aussendet. Ein Teil dieser Wärmestrahlung verschwindet direkt im Weltraum. Der andere Teil wird von den Spurengasen der Luft und den Wolken absorbiert. Die Bedeutung der Spurengase und der Wolken wird später noch genauer betrachtet.

Die Energie, die durch die Luft nach oben transportiert wird, stammt aus dem Boden, ausgenommen ein kleiner Teil der Sonnenstrahlung, der vom Luftsauerstoff (UV-Licht zur Ozonbildung), vom Ozon und vom Wasserdampf absorbiert wird. Bei noch genauere Betrachtung absorbiert sogar Kohlendioxid u.a. mit der C=O Valenzbande bei 2200 cm^{-1} noch etwas Sonnenlicht.. Der Transport verhindert, dass der Boden durch die Sonne übermäßig aufgeheizt wird. Nachts kühlt sich die untere und mittlere Atmosphäre durch Wärmeleitung und Konvektion auch wieder ab. So schützt sie den Erdboden auch gegen rasche nächtliche Auskühlung.

Wir wissen aber schon, dass die Gesamtbilanz dieses Geben und Nehmens von Energie im Gesamtsystem aus Erdboden und Atmosphäre nicht zu Null aufgeht. Die Sonne erwärmt die Erdoberfläche im Tages- und Jahresmittel stärker als die Luft und das Weltall ist der „Ort der absoluten Kälte“.

Die Strahlungsbilanz ist niemals ausgeglichen.

Den Energietransport durch Strahlung als wichtigen Teilprozess des gesamten Transportes von Energie betrachten wir noch genauer: Der Boden gibt im durchschnittlichen Tagesmittel Tag für Tag mehr Wärmestrahlung an die Luft ab, als er von dort zurück bekommt. Die Strahlungsbilanz ist also ständig unausgeglichen. Trotzdem steigt die Lufttemperatur nicht von Tag zu Tag ständig an, sondern die Lufttemperatur ist im Rahmen der durchschnittlichen Tagesschwankungen und der Jahresschwankungen, also im Langzeitmittel, konstant. (quasi lokales thermisches Gleichgewicht)

Eine konstante Temperatur ist aber im Strahlungsbilanzmodell von DPG / DMG nur möglich, wenn die Strahlungsbilanz zu Null ausgeglichen ist. Das Strahlungsbilanzmodell verlangt daher, dass sich die Luft von Tag zu Tag immer mehr erwärmt, bis die Luft so warm wäre, dass nachts so viel Wärmestrahlung zum Boden zurückstrahlte, wie sie tags absorbiert hätte. Das ist aber nicht der Fall.

Die Luft mischt alle Energieformen.

Genau Naturbeobachtung liefert folgende Erklärung: Die vom Boden in die Luft fließende Strahlungswärme dehnt die Luft schon bei minimaler Temperaturerhöhung aus und macht

sie leichter, so dass sie aufsteigen kann. Und das erfolgt nicht nur unmittelbar am Boden, sondern von unten nach oben immer weniger werdend in der ganzen atmosphärischen Luftsäule. Das Phänomenale dabei ist, dass sich die Temperatur dabei nur wenig erhöht, weil sich die Luft durch den Druckabfall beim Aufsteigen abkühlt.

In der Sprache der kinetischen Gastheorie lautet die Aussage so: Die absorbierte Strahlungsenergie wird sofort umgewandelt in ungerichtete molekulare Bewegung der Gasteilchen („Wärme“). Die ungerichtete (thermische) Wärmebewegung wird zum Teil gleich weiter umgewandelt zu aufwärts gerichteter (kinetischer) Konvektionsbewegung und zu potentieller Energie der Höhe der Moleküle über dem Erdboden.

Einfach ausgedrückt, der tägliche Zufluss an Wärmestrahlung vom Boden in die Luft löst ein ständiges, undurchschaubares und praktisch nicht berechenbares Durcheinander von Energieumwandlungen aus, an dem viele Energiearten, auch die potentielle Energie der Höhe, untrennbar beteiligt sind.

Was macht ein CO₂-Anstieg?

Damit wäre der Status „quo“ beschrieben. Damit ist nicht beschrieben, was passiert, wenn CO₂ ansteigt und der Status „quo“ sich ändert. Kann der CO₂-Anstieg diesen Energieumwandlungswirrwarr nicht doch noch irgendwie so beeinflussen, dass am Ende die Lufttemperatur ansteigt?

Höhere Wärmekapazität führt zu niedrigerer Temperatur

Die von der Sonne erwärmte Erdoberfläche erwärmt die unteren Luftschichten durch einen im Mittel immer gleich großen Energiefluss. Der Antrieb dafür ist die Sonne, deren Strahlung langfristig nur extrem wenig schwankt. Die Wärmekapazität der Luft entscheidet nun, wie hoch die Lufttemperatur steigt. Ist die Wärmekapazität groß, wird zur Erhöhung der Lufttemperatur mehr Energie gebraucht. Also wird bei gleichem Energiefluss bei höherer Wärmekapazität nur eine niedrigere Lufttemperatur erreicht.

Die Wärmekapazität der Spurengase Wasserdampf und Kohlendioxid ist pro Molekül deutlich größer als die der Hauptbestandteile der Luft. (16) Jedem Meteorologen ist bestens bekannt, dass zur Erwärmung feuchter Luft etwas mehr Energie nötig ist als für trockene Luft. (17) Trivial gesagt, handelt es sich hier um eine „Binsenweisheit“. Was für Wasserdampf gilt, gilt auch für Kohlendioxid.

Wichtig ist: Betrachtete man nur die Wärmekapazität, würde ein Anstieg des Kohlendioxids wegen seiner höheren Wärmekapazität zu einer niedrigeren Lufttemperatur führen, nicht zu einer höheren. Zahlenmäßig wäre dieser Effekt aber absolut minimal, weil die Menschheit die Konzentration des Kohlendioxids in 100 Jahren nur von 0,029 auf 0,037 Vol-% erhöht hat.

Geringere Wärmeleitung führt zu höherer Temperatur

Die Wärmeleitfähigkeit ist die zweite wichtige physikalische Eigenschaft der Luft, die betrachtet werden muss, wenn nach der Thermodynamik aus einem Wärmestrom eine Temperatur berechnet werden soll. Da vom Erdboden, weil er in der Tag-Nacht-Bilanz wärmer ist als die bodennahe Luft, ein ständiger Wärmefluss in die bodennahen Luftschichten fließt, muss diese Energie irgendwie nach oben weiter gegeben werden. Weil ja die Atmosphäre ganz oben an das ca. -270°C kalte Weltall angrenzt, muss dieser Wärmefluss am Ende in Form eines Strahlungsflusses dorthin abgegeben werden. Andernfalls müsste die bodennahe Lufttemperatur ständig ansteigen, was nicht der Fall ist.

Ist die Wärmeleitfähigkeit der Luft kleiner, wird Wärme langsamer von der warmen zu

kalten Seite transportiert. Der wärmere Boden liefert aber im Mittel immer die gleiche Wärmemenge nach. Die Temperatur der Luft steigt daher, wenn ihre Leitfähigkeit abnimmt, weil pro Zeiteinheit weniger Wärmeenergie zur kalten Seite fließt.

Kurz gesagt, die Wirkung des CO₂-Anstiegs auf die Wärmeleitung ist umgekehrt wie die Wirkung auf die Wärmekapazität. Kohlendioxid leitet die Wärme schlechter als Luft. (18), was die Lufttemperatur erhöhte. Auch hier wäre der Zahlenwert der Erwärmung wegen der minimalen Konzentrationserhöhung von 0,029 auf 0,037% wieder nur ganz minimal.

Fazit der thermodynamischen Überlegungen

Nach der klassischen Thermodynamik ist durch den CO₂-Anstieg eine minimale Erwärmung nach 6.6 oder eine minimale Abkühlung nach 6.7 möglich. Arrhenius verwendet im Sachregister seines Lehrbuchs den Begriff der „Temperaturleitfähigkeit“, den er als Quotient aus Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit definiert. Eine thermodynamische Modellrechnung sollte zeigen, welche Wirkung überwiegt. Überwiegt die Wärmekapazität kühlt mehr CO₂, überwiegt die Wärmeleitung wärmt mehr CO₂.

Ist das Weglassen der Thermodynamik gerechtfertigt?

Ist es gerechtfertigt, dass DMG und DPG die Menschen nicht über diese sehr komplexen physikalischen Fakten der Thermodynamik informieren, sondern feststellen, dass 0,037% CO₂ mehr Bodenstrahlung absorbieren als 0,029% CO₂?

Das ist definitiv nicht zulässig. Der Grund dafür ist einleuchtend: Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit werden durch Experimente ermittelt. Bei diesen Experimenten kann die Strahlung nicht ausgeschaltet werden, wie das Licht einer Lampe. Wärmestrahlung realer Körper seien es Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase ist durch Nichts abschaltbar. Die experimentelle Messung der Wärmeleitfähigkeit erfasst grundsätzlich immer - also auch beim CO₂ - den Anteil der Wärmeleitung durch Strahlung. Experimentell kann dieser Anteil aus dem Messergebnis nicht „herausgenommen“ werden. Rechnerisch ist das möglich, weil die molekülphysikalischen Modelle kleiner Gasmoleküle wie Wasserdampf und Kohlendioxid schon sehr gut sind.

Gleiches gilt auch für die Wärmekapazität, sogar für die Temperaturabhängigkeit der Wärmekapazität. Die molekülphysikalischen Formeln solcher Berechnungen sind aber komplex. (19)

Die Zeit als zentrale physikalische Größe

Bisher wurden folgende Unzulänglichkeiten des DPG / DMG Modells diskutiert: Die Erde ist keine mathematische Kugel. Die Orte um die Erde herum, bei denen die Strahlungsbilanz gleich Null ist, bilden keine Kugel. Im Inneren von Materie – gleich ob in Festkörpern, in Flüssigkeiten oder in Gasen - können keine Temperaturen alleine aus der Strahlungsbilanz berechnet werden. Es gibt keine Oberfläche, an der alle Sonnenstrahlung endet und an der alle Wärmestrahlung beginnt.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist noch zu besprechen, der für die Temperatur der verschiedenen Strukturen auf der Erdoberfläche entscheidend ist: der Faktor Zeit.

Der DPG / DMG-Aufruf spricht von der Temperatur an der Erdoberfläche. Politiker, Journalisten und offenbar auch Physiker denken bei dem Begriff Erdoberfläche an den Lebensraum der Menschen, aber nicht an eine mathematische oder physikalische Fläche. Eine solche Fläche hat keine Dicke oder Höhe, sonst wäre sie keine Fläche, sondern ein Körper. Klassische Temperaturmessung ist an einer Fläche nicht möglich. An einer Fläche kann nur deren „Strahlungstemperatur“ gemessen werden. Gleichwohl erfolgt die

mathematisch-physikalische Berechnung der Temperatur von -18°C an einer Fläche mit der Dicke Null. Die Berechnung der Temperatur an der Erdoberfläche findet ohne Berücksichtigung der differenzierten Struktur der Erde und ohne den Faktor Zeit statt.

Die Physik der Erde so zu verkürzen, hat dramatische Folgen. Nur an einer solchen Fläche mit der Dicke Null können Einstrahlung von Sonnenlicht und Ausstrahlung von Wärme gleichzeitig erfolgen. Oberflächen realer physikalischer Körper von Kontinenten oder Ozeanen verhalten sich anders. Hier wird die einfallende Sonnenstrahlung erst einmal in eine andere Energieform umgewandelt, zum Beispiel in Wärme. Der Hauptteil der an der Oberfläche des bestrahlten Körpers entstehenden Wärme fließt in den Körper hinein. Einstrahlung und Ausstrahlung erfolgen nicht gleichzeitig. Besonders anschaulich ist dieses Eindringen der Energie bei transparenten Körpern wie Wasser, Salz oder Quarzsand. Hier dringt schon gleich die Sonnenstrahlung selbst in den Körper ein und nicht erst die an der Oberfläche gebildete Wärmeenergie.

Je mehr Zeit zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung verstreicht, umso mehr Energie wird im Erdboden beziehungsweise im Wasser gespeichert und umso höher wird die mittlere Temperatur der Körperoberflächen.

Folgende Modellrechnung soll das verdeutlichen. Scheint die Sonne bei klarem Himmel senkrecht von oben auf eine dunkle Bodenfläche, erwärmt sie sich in einer Stunde um etwa 22°C , wenn keine Abstrahlung erfolgt. (Erwärmte Bodenschicht = $0,1\text{ m}$. Wärmekapazität des Bodens $0,2\text{ kcal kg}^{-1}\text{ grad}^{-1}$). Dieses Rechenmodell entspricht nicht der Realität, weil der Zeitunterschied, physikalisch ausgedrückt die Phasenverschiebung, zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung nicht bekannt ist.

Einige Detailbetrachtungen zur „Dicke der Fläche“ und zur Zeit

Die Sonnenstrahlung erreicht die Punkte, an denen sie endet, mit Lichtgeschwindigkeit. Wo sie endet, hängt von der optischen Transparenz der Materie ab, in welche die Strahlung eindringt. So ist es auch beim Hinausdringen der Wärmestrahlung. Die Tiefe, von der Wärmestrahlung aus Materie herausstrahlt, hängt auch von der Transparenz der Materie ab, nur nicht von der „optischen“ Transparenz, sondern von der Transparenz gegenüber Wärmestrahlung.

Die UV-Strahlung der Sonne endet hoch oben in der Atmosphäre unter Bildung von Ozon. Dabei wird die Strahlungsenergie der Sonne in chemische Energie umgewandelt, nicht in Wärmestrahlung. Wie lange dauert es, bis die chemisch gebundene Energie des Ozons nach dem Zerfall des Ozons als Wärmestrahlung das System Erde wieder verlässt?

Das blau-grüne Licht der Sonne kann einige hundert Meter tief im Ozean statt an der Erdoberfläche enden. Im Wasser erfolgt die Umwandlung der Strahlungsenergie der Sonne in Wärme in sehr unterschiedlicher Wassertiefe. Nur ein Bruchteil der ins Wasser hinein gestrahlten Sonnenenergie wird sofort wieder als Wärmestrahlung in Richtung Atmosphäre bzw. Weltall abgestrahlt. Wie lange dauert es hier, bis die gesamte Wärme der Ozeane wieder als Wärmestrahlung ins Weltall zurückgegangen ist?

Fällt das Sonnenlicht auf Pflanzen, wird durch den Stoffwechsel der Pflanzen ein erheblicher Teil der Energie „chemisch gebunden“. Die in Torf, Kohle, Erdöl, Erdgas, Methanhydraten und so weiter chemisch gebundene Energie wird erst durch das Eingreifen des Menschen wieder frei gesetzt. Nach Millionen von Jahren kann sie die Erde in Form von Wärmestrahlung verlassen.

Fällt die Sonnenstrahlung auf festen Boden ist die Situation ähnlich wie im Fall des Wassers, nur dass die Sonnenstrahlung als solche nicht in den festen Boden eindringen kann, weil dieser nicht transparent ist. Beim Festkörper wird die Sonnenstrahlung in der

Nähe der Oberfläche in Wärme umgewandelt. Ein Teil dieser Wärme wandert in den Festkörper hinein, ein anderer Teil wird an die Luft übertragen und der verbleibende Rest wird als Wärmestrahlung sofort abgestrahlt in Richtung Weltall. Wie groß ist hier der Zeitunterschied zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung?

Was ist eigentlich mit der Atmosphäre? Die Atmosphäre kann Wärme aufnehmen und speichern. Anders als Erdboden und Wasser können nur die IR-aktiven drei- oder mehrtomigen Spurengase der Atmosphäre Wärmestrahlung z.B. an das Weltall abgeben. Wäre die Atmosphäre völlig frei von IR-aktiven Spurengasen könnte die Atmosphäre ihre gesamte Wärme nur den Kontinenten und Ozeanen wieder zurück geben, aber keine Energie ins Weltall abstrahlen. Sie wäre ohne diese Spurengase ein noch wirksamerer Wärmespeicher oberhalb der Erdoberfläche, weil sich ihr oberster Teil, die Stratosphäre, nicht mehr abkühlen könnte. Wie lange dauerte es bis die Wärme der Atmosphäre auf diesen beiden Wegen wieder an das Weltall abgegeben wird: 1. beim Umweg über Kontinente und Ozeane und deren Strahlung direkt in den Weltraum und 2. beim direkten Weg der Wärmestrahlung der 3 % Spurengase ins All?

Die Erde als „Schwarzer Strahler“

Die Lehrbücher der Physik beschreiben den „Schwarzen Strahler“ als Loch in einem schwarzen Kasten. (20) Jeder Physiker weiß, dass ein solches Loch keine Dicke hat, kein Körper ist und deshalb besser „Schwarzer Strahler“ statt „Schwarzer Körper“ genannt wird. Der „Schwarze Strahler“ ist ein erdachtes Modell, an welchem sich die Gesetze der Strahlenphysik ableiten lassen. Nur dieses gedachte Loch verhält sich als Fläche so, dass Einstrahlung und Ausstrahlung gleichzeitig erfolgen.

Bedeutung der Strahlungstransparenz der Materie

Wärmestrahlung kann der Mensch nur über die Temperaturempfindlichkeit der Haut als Wärmestrahlung wahrnehmen. Die Wärmebehandlung mit Rotlicht oder Mikrowellen beweist die Transparenz der Luft gegenüber Wärmestrahlung. Unter Wasser oder innerhalb eines Festkörpers, zum Beispiel unter einer Sandburg am Strand, wirkt die Wärme des Wassers oder des Sandes auf die Haut ein. Dabei ist es nicht möglich, die beiden Wärmeeinwirkungen durch Wärmeleitung und durch Wärmestrahlung zu unterscheiden.

Die meisten Festkörper leiten zwar Wärme, sind aber für Wärmestrahlung undurchlässig. Es gibt aber auch Festkörper, die für Wärmestrahlung durchlässig sind wie zum Beispiel Kochsalz. Ein Salzstrand wird nicht so heiß wie ein Sandstrand. Durch den kälteren Salzberg hindurch kann die Haut sowohl die Wärmestrahlung einer Rotlichtlampe wie die Strahlung der Sonne spüren. Kochsalzkristalle sind sowohl für Wärmestrahlung wie für Sonnenstrahlung durchlässig. Beide Strahlungsarten können Salz nicht ohne weiteres erwärmen. (aber durch Verunreinigungen oder durch diffuse Streuung)

Wärmetransport durch Strahlung und durch Wärmeleitung

Im Inneren eines Körpers, der nur aus einem chemischen Stoff besteht wie z.B. Wasser oder Kochsalz, ist die Trennung des Wärmetransports in Strahlungstransport und Transport durch Leitung unmöglich. Spürbar und messbar ist hier nur der gesamte Wärmefluss. Ganz anders ist das bei einem Körper im Weltall. Hier ist nur Strahlungstransport durchs All möglich. Transport durch Wärmeleitung von einem Körper ins All ist unmöglich. Es gibt zwei Extremfälle:

Im Inneren eines einheitlichen (homogenen) Körpers (Luft, Wasser, Sand) ist es nicht möglich, Wärmeleitung und Wärmestrahlung auseinander zu halten. (Extremfall - völlige Homogenität des Systems). Energietransport von einem Körper durch den Weltraum zu

einem anderen Körper (Sonne – Erde) oder von einem Körper hinaus in die Unendlichkeit des Weltalls kann allein durch Strahlung erfolgen. (Extremfall - völlige Inhomogenität).

Grenzflächen zwischen zwei Körpern gleich welcher Art, zwischen Feststoff und Weltall, zwischen Feststoff und Flüssigkeit, zwischen Feststoff und Gas, zwischen Feststoffen untereinander, sind Orte, an welchen sich das Verhältnis von Wärmeleitung zu Wärmestrahlung sprunghaft ändert. Dabei ist die Sprunghöhe von Fall zu Fall sehr unterschiedlich.

Entsprechend schwierig zu beurteilen sind die Verhältnisse, wenn in homogen erscheinender Materie Konzentrationsunterschiede auftreten wie unterschiedliche Salzgehalte in Wasser oder Dichteunterschiede wie in der atmosphärischen Luftsäule. Fast völlig undurchschaubar werden die Verhältnisse dann, wenn die Materie uneinheitlich (inhomogen) ist und fast nur noch aus Grenzflächen besteht wie bei den Wolken. Und bei den Wolken kommt dann noch die Variabilität der äußeren Form, die Dynamik der konvektiven Auf- und Abwärtsbewegung hinzu. Das Auf und Ab in den Wolken und der in ihnen gespeicherten latenten Wärme ist eine weitere Form des Wärmetransports. Diese Transportform der fluiden Körper Wasser und Luft ist viel effektiver als die Summe der Transporte durch Strahlung und Leitung.

Die große Vielfalt der Energietransportmöglichkeiten und die optische Uneinheitlichkeit von Atmosphäre, Wolken, Erdboden, Wasser und so weiter macht es physikalisch unmöglich, die Temperatur der Erdoberfläche so zu berechnen, als wäre sie eine Grenzfläche, an der nur Energietransport durch Strahlung stattfindet.

Sehr viele Beobachtungen und Messungen werden per Satellit aus dem Weltall in Richtung Erde durchgeführt. Die Komplexität dessen, was dort gemessen wird und verstanden werden muss, zeigt die Internetseite der NASA von über 800 Seiten mit dem Titel „Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)“. (21)

Diese ganze Vielfalt an Messergebnissen und an wissenschaftlichen Erkenntnissen ist völlig wertlos, wenn die Erde nur als „Schwarzer Strahler“ wie ein Loch in einem schwarzen Kasten behandelt wird.

Wie wirkt Kohlendioxid wirklich?

Es kann kein Zweifel daran bestehen, dass Kohlendioxid einen Teil der Wärmestrahlung auf dem Weg vom Erdboden beziehungsweise von der Ozeanoberfläche ins Weltall absorbiert. Die absorbierte Strahlung erreicht das Weltall nicht mehr mit Lichtgeschwindigkeit, sondern der Energietransport erfolgt nun verzögert und gebunden an Materie.

Keinesfalls ist es aber so, dass die Absorption von Strahlung durch Kohlendioxid den Energietransport in Richtung Weltall ganz verhindert, wie das durch den Begriff „Treibhauseffekt“ suggeriert wird. In einem geschlossenen Treibhaus ist es nicht möglich, dass die erwärmte Luft nach oben in die Atmosphäre aufsteigt. Kohlendioxid wirkt also nicht wie ein Treibhaus, sondern die Strahlungsabsorption des Kohlendioxids trägt nur dazu bei, die Zeitspanne zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung zu verlängern, das heißt die Phasenverschiebung zu vergrößern.

Eine solche Verzögerung der Ausstrahlung findet aber bei jeder Absorption von Sonnenstrahlung durch Materie statt, also auch am Erdboden und im Wasser. Die Summe aller Verzögerungen ist verantwortlich dafür, dass die meteorologische Globaltemperatur +15°C beträgt und nicht -18°C. Die Temperatur von -18°C könnte wirklich nur der materielose „Schwarzer Strahler“ in Form eines Loches im schwarzen Kasten haben, weil nur dort Einstrahlung und Ausstrahlung gleichzeitig, also ohne Phasenverschiebung, erfolgen.

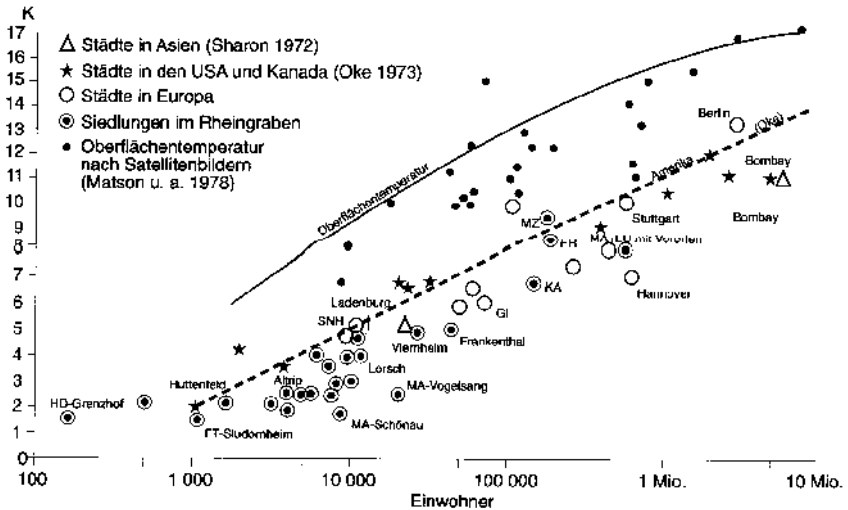


Abb. 3: Urbane Wärmeinseln („Stadteffekt“). Maximale Temperaturunterschiede im Zentrum von Siedlungen gegenüber dem Umland (aus (12) S. 330)

Wie sollte es weiter gehen?

Der unkorrekte und sogar irreführende Begriff „Treibhauseffekt“ muss ersetzt werden durch den Begriff „Materialeffekt“. Denn alle Materialien der Außenzone der Erde (Atmosphäre, Wasser, Boden), die von der Sonne erwärmt werden, tragen gemeinsam dazu bei, dass der Lebensraum der Menschen auf der Erde lebensfreundliche Temperaturen hat. Sie alle gemeinsam machen diesen Lebensraum dadurch warm, dass sie die aufgenommene Sonnenstrahlung nicht sofort wieder abstrahlen, sondern erst einmal als Wärme zwischenspeichern und in ihr Inneres transportieren. So, und nicht nur durch die Spurengase der Atmosphäre, ergibt sich die meteorologische Globaltemperatur von 15° Celsius.

Es ist somit nicht erwiesen, dass der geringe anthropogene Anstieg der CO₂-Konzentration von 0,029 auf 0,037% der Luft die ausschlaggebende Ursache des Anstiegs der Globaltemperatur um 0,6°C seit 1900 ist.

Die Klimamodelle müssen von Grund auf neu programmiert werden. Den Meteorologen gut bekannte Effekte, welche die Temperatur tatsächlich messbar erhöhen, müssen dabei stärker beachtet werden. Das gilt für alle Landnutzungsänderungen, ganz besonders für Straßen, Plätze und Häuser, vor allem für Wolkenkratzer. Der „Stadteffekt“ (Abbildung 3) muss als anthropogener Klimafaktor wie im Fall des CO₂ mit Extrapolationsszenarien mit unterschiedlichen Zuwachsraten in die Klimamodelle einprogrammiert werden.

Professor Christian-Dietrich Schönwiese behandelt den Stadteffekt sehr ausführlich. (12) Das IPCC hingegen erwähnt diesen Effekt in seinem ‚summary for policymaker‘ nicht explizit (Abbildung 4), sondern versteckt und undifferenziert unter dem ungenaueren Oberbegriff „land use“. Das Niveau des theoretischen Verständnisses bei diesem wichtigsten und vor allem nachhaltigsten und zu 100 Prozent anthropogenen Klimafaktors darf nicht so niedrig bleiben, wie es das IPCC für den Klimafaktor „land use“ ausweist. („Level of Scientific Understanding‘ als Ordinate der Abbildung 4)

The global mean radiative forcing of the climate system for the year 2000, relative to 1750

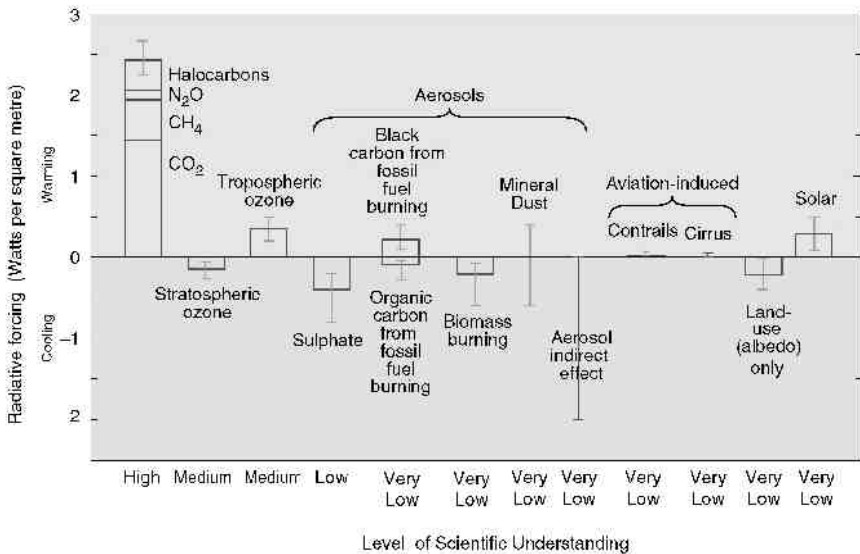


Abb. 4: Globale mittlere Strahlungsantriebe nach IPCC (14). Landnutzungsänderungen im Vergleich zu 1750 sollen kühlende Wirkung haben. IPCC zeigt aber den erwärmenden Einfluss von Siedlungen nicht als eigenständigen Antrieb (Abbildung 3 aus (14))

Dieser Text soll kein Plädoyer gegen die weitere Verbesserung der Luftqualität sein. Viele Verbrennungsanlagen sind noch lange nicht auf dem technischen Stand der modernsten Großanlagen. Deren Emissionen an SO₂, NO_x und Staub müssen noch weiter reduziert werden. Auch bei der Reinigung der Kraftfahrzeugabgase ist die Entwicklung noch nicht befriedigend. Hier ist die Fein- und vor allem die Feinststaubproblematik ungelöst. Die Dieselfahrzeuge erfordern dringend Verbesserungen. Die Ozonbildung bei Schönwetterlagen erfordert noch geringere Mengen im Autoabgas an Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen, weil sie durch photochemische Reaktionen zur Ozonbildung beitragen. Insgesamt gibt es genügend gute Gründe die echten Schadstoffe noch wirksamer aus den Abgasen zu entfernen.

Mein Beitrag soll aber auch kein Plädoyer sein gegen eine Politik der verstärkten Schonung der Ressourcen oder des verstärkten Energiesparens. Es kann aber sein, dass die derzeit bestehende Benachteiligung der Kohle gegenüber Erdgas etwas abgeschwächt werden könnte.

Anmerkungen und Quellen

- (1) Phys. Bl. 43 (1987), Nr. 8; S. 347 - 349.
- (2) <http://www.mpimet.mpg.de/presse/faqs/wie-funktioniert-der-treibhauseffekt.html?0=> . (Dieser Link ist von außen inaktiv. Suche auf MPIMET Webseite nach den Autoren, S. Bakan und E. Raschke, liefert den Text als pdf Datei. Darin wird auf eine ausführliche Beschreibung der beiden Autoren hingewiesen (Download als pdf möglich), welche

veröffentlicht ist: S. Bakan und E. Raschke, „Der natürliche Treibhauseffekt“, veröffentlicht in: Promet 28, Heft 3/4, 85-94, Deutscher Wetterdienst, 2002. In dieser 18seitigen Publikation fehlt der Hinweis auf die -18°C und ihre Berechnung vollständig.

- (3) http://www.mps.mpg.de/dokumente/publikationen/pa/pa_0301_klima.pdf
- (4) Persönliche Mitteilung von Professor Manfred Schüssler, MPS, Lindau-Katlenburg, Statt vom „Schwarzen Körper“ sprechen Physiker korrekter vom „Schwarzen Strahler“.
- (5) Laser-Fernerkundung der planetaren Grenzschicht, Dissertation am Fachbereich Physik der Freien Universität Berlin, vorgelegt von Steffen Frey, Berlin, April 2002
- (6) <http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/aktivitaeten/pdf/treibhauseffekt.pdf>
- (7) Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III („Optik“), Berlin, 2004, S. 287
- (8) Brügel, Werner, Einführung in die Ultrarotspektroskopie, Darmstadt, 1962, S. 14
- (9) http://gutenberg.spiegel.de/andersen/maerchen/Druckversion_kaisersn.htm
- (10) http://www.zvf.dmg-ev.de/vorstand_historie.html
- (11) <http://www.prima-klima-weltweit.de/presse/manifest.pdf>
- (12) Christian-Dietrich Schönwiese, Klimatologie, Stuttgart, 2003
- (13) <http://www.dpg-physik.de/static/fachlich/ake/Energiestudie.pdf>
- (14) IPCC, Third Assessment Report http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf
- (15) http://www.thp.uni-koeln.de/natter/physwelt/Gprint/p02_08.jpg
- (16) Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Teil I („Wärmelehre“), Berlin, 1961, S. 477: CO_2 : $C_p = 8,82$; Luft: $C_p = 6,95 \text{ cal mol}^{-1} \text{ grad}^{-1}$ (Molwärme bei konstantem Druck)
- (17) Helmut Kraus, Die Atmosphäre der Erde, Berlin, 2001, S. 59, Kapitel III.3 „Thermodynamische Potentiale und spezifische Wärme“: Das gasförmige dreiatomige Wassermolekül hat sechs Freiheitsgrade ($f = 6$), die zweiatomigen Moleküle der Luft haben nur zwei ($f = 5$).
- (18) Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Teil I („Wärmelehre“), Berlin, 1961, S. 484: Luft: $\lambda = 0,000055$, CO_2 : $\lambda = 0,000032 \text{ (cal cm}^{-1} \text{ sec}^{-1} \text{ grad}^{-1})$
- (19) J.A.Campell, Chemical Systems Energetics Dynamics Structure, San Francisco, 1970, S. 711 ff („Thermodynamic Functions from Molecular Properties“)
- (20) Wilford Zdunkowski und Andreas Bott: Thermodynamics of the Atmosphere, New York, 2004, S. 65 („hollow cavity with a small opening“)
- (21) <http://asd-www.larc.nasa.gov/ATBD/ATBD.html>

Dr. Gerhard Stehlik, Diplomchemiker, Sachverständiger im Bundesfachausschuss Umwelt der FDP, Theodor-Heuss-Str. 32, 63457 Hanau. E-Mail. gerhard.stehlik@gmx.de

Welchen Sinn haben Amateurbeobachtungen?

Roland Hedewig

Wege zum Amateurastronomen

Der erste Besuch einer Sternwarte kann faszinierend wirken. Schon die Atmosphäre der Kuppel mit dem großen Teleskop ist ein Erlebnis. Ringsum hängen meist Fotos von Sonne, Mond, Planeten, Sternhaufen, Nebeln und Galaxien. Durch den geöffneten Kuppelspalt sind Sterne zu sehen. Und dann darf man durch das Okular des Teleskops schauen und sieht zum ersten Mal Gebirge und Krater des Mondes mit ihren tiefschwarzen Schatten, die Sichel der Venus, Jupiter mit seinen Streifen und den vier großen Monden, Saturn mit seinen Ringen oder den Orionnebel. Man kennt das zwar schon von Abbildungen – aber der Blick durch ein so großes Fernrohr auf das Original ist doch etwas besonderes.

An diesen „Blick ins Weltall“ schließen sich Fragen an, die von dem anwesenden Experten sachkundig beantwortet werden. Solche Fragen gehen vom Unterschied zwischen Astronomie und Astrologie und der Frage, wie weit man mit diesem Fernrohr sehen kann, bis hin zu neuesten Problemen der Kosmologie, häufig angeregt durch Fernsehsendungen und Science-Fiction-Filme. Urknall, Schwarze Löcher, Leben auf anderen Planeten, Reisen durch Wurmlöcher und Zeitreisen in Vergangenheit und Zukunft sind spannende Themen für neugierige Besucher, besonders Jugendliche. Bei spektakulären Ereignissen wie Sonnen- und Mondfinsternissen oder dem Erscheinen eines Kometen steigt der Besuch von Sternwarten sprunghaft an.

Für die meisten Gäste ist der Besuch einer Sternwarte ein Ereignis wie viele andere Besuche von Veranstaltungen auch: Man lernt etwas und kann jetzt besser mitreden – aber zum Hobby wird die Astronomie damit noch nicht. Für einige Besucher aber wird der Sternwartenbesuch zum Einstieg in die Amateurastronomie. Sie fragen den Mitarbeiter der Sternwarte, welches Teleskop sie zum Kauf für einen Anfänger empfehlen, legen sich ein Instrument zu und beginnen mit eigenen Beobachtungen. Mit dem kleinen Teleskop wird der Himmel durchmustert. In der Milchstraße sieht man jetzt viel mehr Sterne als mit dem Fernglas. Bei zunehmendem Mond beobachtet man, wie von Tag zu Tag neue Krater und Gebirge ins Gesichtsfeld rücken. Man sucht auf einer Mondkarte die Namen der Krater und freut sich, wenn man im Fernrohr Krater und Rillen identifiziert, die auf Fotos im ebenfalls gekauften Astronomiebuch zu sehen sind. Auch Venus, Mars, Jupiter und Saturn werden beobachtet. Der Mars ist zwar enttäuschend klein, der Orionnebel ist nicht so farbig wie in den Abbildungen und bei Fixsternen sieht man nur einen flackernden Lichtpunkt. Aber ein Jahr lang gibt es schon an den wenigen klaren und auch freien Abenden genug mit dem neuen Instrument zu sehen. Vielleicht schaut man am Tage auch ab und zu nach Sonnenflecken, entweder mit Hilfe einer Rettungsfolie vor dem Objektiv oder durch Projektion des Sonnenbildes auf ein weißes Blatt Papier.

In vielen Fällen lässt das Interesse an astronomischen Beobachtungen nach einem Jahr stark nach. Man hat jetzt alles einmal gesehen, was mit dem kleinen Instrument zu sehen ist. So bleibt das Teleskop dann in einem Winkel unbenutzt stehen und wird allenfalls gelegentlich bei besonderen Ereignissen verwendet. Schließlich verkauft oder verschenkt mancher das Instrument wieder, es sei denn, die Lust zum Beobachten wird durch Kontakt mit anderen Amateuren, durch astronomische Ereignisse oder die Lektüre eines Astronomiebuches für eine gewisse Zeit neu entfacht.

Anders verläuft die Geschichte, wenn der Besitzer eines Instruments den Kontakt zu Ama-

teurastronomen findet, so etwa beim Besuch der Sternwarte in der Nähe des Wohnortes oder bei Vorträgen des örtlichen Astronomievereins. Durch Gespräche mit Fortgeschrittenen erhält man Anregungen für systematisches Beobachten, den Kauf oder Selbstbau eines besseren Instruments mit Zubehör, die Verwendung geeigneter Literatur, den Kauf des Astronomischen Jahrbuchs, das Beziehen einer Astronomie-Zeitschrift, den Eintritt in den örtlichen Astronomie-Verein und vielleicht auch die Teilnahme an einem mehrtägigen Astrocamp, das den Kontakt zu anderen Amateuren vertieft.

Der Weg zur Beschäftigung mit Astronomie kann auch über Planetariumsbesuche erfolgen. Vorträge im Planetarium sind eine gute Werbung für den Besuch von Veranstaltungen des örtlichen Astronomievereins. Sie regen aber meist nicht zum eigenen Beobachten an. Der Weg zum Amateurastronomen beginnt meist mit dem Besuch einer Sternwarte, weil hier der Umgang mit einem Teleskop erfolgt.

Teleskope für Amateure

Bis etwa 1970 wurden in der Bundesrepublik für Anfänger nur wenige Teleskope angeboten, meist kleine japanische Refraktoren mit 60 mm Objektivdurchmesser und Newton-Spiegelteleskope mit 110 mm Spiegeldurchmesser, die nicht nur von Optikern sondern auch von Kaufhäusern, z.B. Quelle, verkauft wurden.

1967 kaufte ich einem japanischen 60 mm-Refraktor mit 910 mm Brennweite und parallaktischer Montierung, Stativ, Sucher, 3 Okularen, Sonnen- und Mondfilter, Sonnen-Projektionsschirm, Zenitprisma, Umkehrprisma, Barlowlinse und Holzkiste für insgesamt nur 299,- DM (ca. 150 €). Für diesen Preis bekommt man heute allenfalls ein Weitwinkel-Okular oder ein Zenitprisma. Das Instrument war ausbaufähig. Ich ersetzte das 60 mm-Objektiv durch mein bereits 1954 erworbenes 80/1200 mm-AS-Objektiv von Zeiss in einem angesetzten Rohr größeren Durchmessers, besorgte ein Glas-Objektivsonnenfilter und setzte einen Nachführmotor an, dessen Übersetzung genau zur Montierung passt. Mit diesem Instrument beobachte ich seit 1967 regelmäßig Sonnenflecken. Für Astro-Aufnahmen und die Planetenbeobachtung kamen 1980 noch ein Celestron 8 (200/2000 mm) und 1992 ein auf einer Säule im Garten fest installierter Fraunhofer-Refraktor (150/2250 mm, Firma Lichtenknecker) hinzu (s. KORONA 84, August 2000, S. 8-18). Wer vor 1970 ein größeres Instrument haben wollte, musste entweder viel Geld ausgeben, z.B. für Zeiss-Refraktoren, oder nur eine größere Optik kaufen und das Instrument selbst bauen. So kaufte ich 1954 ich das Zeiss-AS-Objektiv (Halbapochromat) für 328,-DM (damals der Netto-Monatslohn eines Facharbeiters) und ein 15 mm-Zeiss-Weitwinkel-Okular, baute dafür einen Refraktor mit parallaktischer Montierung aus Holz (nach Niklitschek) und beobachtete damit Sonnenflecken, Mond und Jupiter.

Nach 1975 setzte die Aufrüstung der Amateure mit größeren Instrumenten ein. Die finanziellen Möglichkeiten der Amateure waren größer geworden, neue Volkssternwarten wurden gegründet und der Teleskopmarkt reagierte darauf. Der Durchbruch erfolgte 1979/80 mit dem Angebot der Schmidt-Cassegrain -Teleskope von Celestron mit Spiegeldurchmessern von 90 bis 3600 mm, wobei das Celestron 8 (200/2000 mm) mit Zubehör für die Astrofotographie am meisten gekauft wurde. Wegen der sehr kurzen Baulänge sind diese Teleskope leicht transportierbar und können für astrofotografische Zwecke leicht mit dem Auto auf einen Berg gefahren werden, wo man dann die elektrische Nachführung an die Autobatterie anschließt.

Die nächste Stufe der Instrumentierung erfolgte nach 1985 durch verbesserte Objektive für Amateur-Refraktoren, also Fluorit-Objektive und Apochromaten, Sie ermöglichten bei großer Öffnung kurze Brennweiten und damit auch eine kürzere Baulänge als die Teleskope

mit Achromaten (z.B. FH-Objektive). Eine kurze Baulänge ermöglichen auch die nun angebotenen Schaefer-Refraktoren mit ihrem gefalteten Strahlengang.

Gleichzeitig begann die Nutzung der Computertechnik in der Amateurastronomie, indem man digital aufgenommene Fotos oder Filme anschließend im PC bearbeitet und dabei Schärfe und Kontrast der Bilder verbessert (s. Gerstheimer 2001). Durch die Einführung von CCD-Kameras, wurde auch das Fotografieren lichtschwacher Objekte entscheidend verbessert. Nach 1995 folgten die Webcams, mit deren Hilfe und nachträglicher Bildbearbeitung am Computer, z.B. mit dem Programm „Giotto“ hervorragende Planetenaufnahmen möglich geworden sind (s. Hendrich 2002 und Webcam-Astronomie, 2004).

Aber nicht nur die optische Qualität der Instrumente und der Astrofotos wurde entscheidend verbessert. Seit etwa 1996 gibt es die azimutal montierten GoTo-Teleskope, die im Computer eingespeicherte Himmels-Objekte automatisch ansteuern, wenn man vorher Datum, Uhrzeit und geographische Position eingibt, zwei bekannte Sterne von Hand einstellt und das Erscheinen des Sterns im Okular jeweils per Knopfdruck mitteilt. Die Nachführung in Azimut und Höhe erfolgt durch zwei computergesteuerte Motoren.

Neueste Entwicklung seit 2004 sind GoTo-Teleskope mit SkyAlign, d.h. mit GPS-System und eingebautem Kompass. Es ermittelt Datum, Uhrzeit und geographische Position des Instruments automatisch. Stellt man drei beliebige helle Objekte nacheinander ein, richtet sich das Teleskop auf Knopfdruck auf das gewünschte Beobachtungsobjekt aus. Ein Beispiel ist das Celestron CPC 800 XLT (Objektiv 203 mm), in dessen Datenbank die Positionen von 40.000 Objekten gespeichert sind (Preis 3050,- €). Die Datenbank des Meade 10-Zoll LX 200 GPS (Objektiv 254 mm) enthält sogar 145.000 Objekte (Preis 3700,- €, nach Mollise 2006).

Der ernsthafte Amateur wird allerdings sein Geld lieber für eine größere und bessere Optik als für die Bequemlichkeit der automatischen Einstellung ausgeben. Wer auf sehr große Öffnung bei günstigem Preis Wert legt, kauft sich ein Newton-Spiegelteleskop mit azimutaler Dobson-Montierung, das ohne Stativ auf dem Boden steht. Das größte Instrument dieser Art und zugleich das größte transportable Amateurfernrohr der Welt hat einen Hauptspiegel mit 112 cm Durchmesser (Abb. in „Mein Teleskop“, S. 12/13)

Typen von Amateurastronomen

Wer jahrelang einem astronomischen Verein angehört, wird unterschiedlichen Typen von Sternfreunden begegnen. Zwar ist jede Typisierung eine Abstraktion, und in der Praxis gibt es stets Übergänge zwischen den Typen. Dennoch ist es sinnvoll, die Idealformen dieser Typen zu beschreiben, weil die Art der Motivation für astronomische Beobachtungen typabhängig ist. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwende ich bei der Beschreibung der Typen nur die männliche Form, Frauen sind stets mit gemeint.

1. Der Gelegenheitsbeobachter

Er verwendet meist ein Fernglas oder ein kleines Fernrohr und betrachtet, wenn der Himmel gerade einmal klar ist und er zufällig Zeit hat, den Mond, Sternwolken der Milchstraße und Sternhaufen, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, vielleicht auch Sonnenflecken. Auch Objekte aktueller Ereignisse wie Sonnen- und Mondfinsternisse und größere Kometen werden beobachtet, vielleicht auch fotografiert und sind Anlass, wieder einmal das Instrument zu verwenden. Er beobachtet allein und verwendet als Hilfsmittel allenfalls eine Sternkarte und ein leicht verständliches Astronomiebuch, führt aber keine Aufzeichnungen durch.

2. Der Bastler

Er übt einen technischen Beruf aus oder hat sich handwerkliches Geschick anderweitig angeeignet, verfügt über entsprechendes Werkzeug und baut sich sein Instrument weitgehend selbst. Lediglich die Optik und einige mechanische Teile werden gekauft.

Früher gab es sogar Bastler, die den Hauptspiegel für ein Newton-Teleskop selbst schlifften und diesen dann verspiegeln ließen. Besondere Sorgfalt wird auf die Anfertigung der Montierung gelegt. So entstehen gelegentlich große Instrumente mit geringem finanziellen Aufwand. Bastler prüfen die Leistungsfähigkeit Ihres Instruments an zahlreichen Testobjekten und fertigen auch meist einige gute Astrofotos an. Da aber das Konstruieren, Bauen und weiteres Ausbauen viel Zeit kostet, bleibt meist weniger Zeit für systematisches Beobachten. Eher wird Zeit für das Anfertigen und Ausprobieren von Zubehör und für den Bau des nächstgrößeren Instruments und einer Beobachtungsstation verwendet.

3. Der Technikbegeisterte

Seit Firmen in Zeitschriften und auf Ausstellungen eine Fülle immer neuer Instrumente anbieten, haben sich neben technisch versierten Bastlern noch spezielle Technikbegeisterte entwickelt, die kaum noch Instrumente selbst bauen oder ausbauen, sondern immer auf dem neuesten technischen Stand sein möchten und deshalb immer wieder ein neues Instrument kaufen. Diese Techniker verfügen meist über mehrere Instrumente. Gelegentlich wird ein altes Teleskop auch wieder verkauft oder verschenkt. Es gibt ja inzwischen einen Markt für gebrauchte Instrumente. So wie viele Jugendliche immer wieder ein neues Handy mit neuen Funktionen kaufen und sich daran freuen (und damit auch angeben), so ist auch der Technikbegeisterte von den neuen Möglichkeiten eines neuen Instruments begeistert und stolz darauf, es anderen zeigen zu können.

Die Leistungsfähigkeit der Instrumente und ihrer Zubehöreile wird an astronomischen Testobjekten geprüft. Es wird auch gelegentlich fotografiert. Aber systematisches astronomisches Beobachten erfolgt in den meisten Fällen nicht.

4. Der Fotograf

Jeder Amateurfotograf unterscheidet sich vom bloßen „Knipser“ durch überlegte Auswahl von Motiven und die der Zielsetzung entsprechende Wahl von Kamera, Objektiven, Filmmaterial, Beleuchtung, Brennweite, Blende und Belichtungszeit. Oft wird auch ein Stativ verwendet. Seit Einführung der Digitalfotografie bearbeiten auch zahlreiche Fotografen ihre Bilder am Computer.

Diese Merkmale treffen auch für Astrofotografen zu. Wer noch analog fotografiert, verwendet viel Zeit für eine möglichst genaue Nachführung mit Nachführkorrekturgerät. Die Digitalfotografie ermöglicht kürzere Belichtungszeiten und ermöglicht deshalb auch das Fotografieren oder Filmen an den großen azimutalen Dobson-Teleskopen ohne automatische Nachführung (s. Gerstheimer 2001). Viel Zeit verwenden Digitalfotografen dagegen für die Bildbearbeitung am Computer, so z.B. für Planetenaufnahmen mit dem Programm „Giotto“.

Astrofotografen sind in der Regel spezialisiert auf Sonne, Planeten oder „Deep-Sky-Objekte“ (Sternhaufen, Nebel, Galaxien) und entsprechend ausgerüstet. Passionierte Sonnenfotografen verwenden einen Protuberanzen-Ansatz und Interferenzfilter zum Aufnehmen der Protuberanzen und einen (teuren) H-Alpha-Filter für das Fotografieren der Chromosphäre mit kontrastreicher Darstellung der Flecken, Fackeln und Granulation. Bester deutscher Amateur-Sonnenfotograf ist seit 30 Jahren Wolfgang Lille, der seit 1978 hervorragende Fotos von Sonnenflecken und Protuberanzen in der Zeitschrift „Sonne“ veröffentlichte. Vielfach veröffentlichen Astrofotografen ihre Bilder auch im Internet.

5. Der wenig spezialisierte Beobachter

Zu dieser Gruppe gehören viele Amateure mit einem breiten Interessenspektrum, die entweder daheim mit eigenen Instrumenten regelmäßig beobachten oder in einer Vereinssternwarte tätig sind, dort Führungen durchführen und beobachten. Sie benutzen oft längere Zeit dieselben Instrumente und protokollieren meist ihre Beobachtungen. Für das Zeichnen von Sonne und Planeten werden Schablonen der „Vereinigung der Sternfreunde“ (VdS) verwendet, die man früher von der VdS-Zentrale bezog und seit mehreren Jahren aus dem Internet herunterladen kann. Gelegentlich wird auch fotografiert.

Der Beobachter nutzt als Datengrundlage „Ahnerts Astronomisches Jahrbuch“ und Beobachtungshandbücher. Er gehört meist einem astronomischen Verein an und liest neben der Vereinszeitschrift noch andere astronomische Zeitschriften („Sterne und Weltraum“, „Astronomie heute“, z.T. auch „Sternzeit“ und „Sonne“) und Astro-Artikel in „Spektrum der Wissenschaft“. Beobachtungsergebnisse werden z.T. in der Vereinszeitschrift veröffentlicht. Viele Sonnenbeobachter geben ihre Ergebnisse monatlich auch zur Auswertung an die Fachgruppe Sonne der VdS weiter.

Ich gehöre zu diesem Amateurtyp, beobachte und zeichne seit 1950 Sonnenflecken, zur Oppositionszeit auch Mars und Jupiter, schaue mir aber auch gelegentlich Mond, Saturn, Sternhaufen, Nebel und Kometen sowie die hier zu sehenden Sonnen- und Mondfinsternisse an. Meine Sonnenfleckenrelativzahlen schicke ich monatlich an die Fachgruppe Sonne der VdS in Berlin zur Auswertung. Zahlreiche Objekte (außer Planeten) habe ich auch fotografiert (s. Korona 84, August 2000, S. 8-18).

6. Der Forscher

Der Forscher ist Spezialist. Er muss es sein, weil die astronomische Forschung so weit fortgeschritten ist, dass man nur dann zu neuen Ergebnissen kommt, wenn man sich intensiv einem Spezialgebiet widmet. Ein breiteres Gebiet kann man forschend allenfalls dann bearbeiten, wenn man nicht an der Natur selbst forscht, sondern Literaturstudien betreibt, wie es bei Forschungen zur Geschichte der Naturwissenschaften der Fall ist. Aber selbst da muss man sich zumindest über einen bestimmten Zeitraum auf ein bestimmtes Thema spezialisieren, bevor man sich einem anderen Thema widmet.

Forschende Amateurastronomen können wegen ihrer beschränkten instrumentellen Ausrüstung und meist fehlender Spezialausbildung keine Grundlagenforschung betreiben., im Gegensatz zur Zeit vor 1800. Damals wurden bedeutende Erkenntnisse der Astronomie auch von Personen gewonnen, die keine Ausbildung in Astronomie, Physik oder Mathematik hatten. Herschel (1738-1822) war Musiker, Laplace (1749-1827) war Lehrer an einer Militärschule und Olbers (1758-1840) war Arzt.

Die Forschung von Amateurastronomen ist angewandte Forschung. So wie Hobby-Ornithologen die Besiedlung eines bestimmten Gebiets mit Vögeln untersuchen und Veränderungen im Laufe von Jahren feststellen können, ist es möglich, dass Amateure Veränderungen an astronomischen Objekten über einen bestimmten Zeitraum registrieren und Fachastronomen bei Bedarf auch auf solche Forschungsergebnisse zurückgreifen. So wird z.B. die Zeitschrift „Sonne“, in der Amateurastronomen ihre Untersuchungen veröffentlichen, auch von professionellen Sternwarten gehalten.

Forschende Amateurastronomen sind aktive Mitglieder eines astronomischen Vereins und häufig auch Mitarbeiter einer Vereins- oder Volkssternwarte, deren größere Instrumente sie nutzen. Sie arbeiten meist im Team, werden durch Mitarbeiter ihres Teams und Amateure anderer Vereine, denen sie auf Tagungen begegnen, zu Forschungen angeregt und diskutieren mit diesen Amateuren ihre Ergebnisse.

Sie nutzen eine umfangreiche Literatur, veröffentlichen ihre Ergebnisse nicht nur in Vereinszeitschriften, sondern auch in überregionalen Zeitschriften für Amateure, so z. B. in „Sterne und Weltraum“ (SuW) und tragen ihre Ergebnisse auf bundesweiten Tagungen der Planetenbeobachter und der Sonnbeobachter vor.

Ein Musterbeispiel für solche forschenden Amateure sind Mitarbeiter der Sternwarte in Drebach (Erzgebirge), die seit 1997 über ein modernes 50 cm Cassegrain-Spiegelteleskop (für damals 140.000 DM) mit CCD-Kamera und Computersteuerung verfügen und schon mehrere Planetoiden entdeckten, von denen einige Namen tragen, die sich auf Orte oder Personen des Erzgebirges beziehen (s. Korona 84, August 2000, S. 19-27).

Unter den forschenden Amateuren im VdS gibt es Spezialisten für jeden Planeten, so z.B. die Verfasser der Kapitel im Buch „Planeten beobachten“ (Hrsg. G.D. Roth 1998) und für die Sonne. Die Sonnen-Amateure sind wiederum spezialisiert. So gliedert sich die „Fachgruppe Sonne“ im VdS in Arbeitsgruppen für die Gebiete Fleckenzahl mit bloßem Auge, Wolfse Sonnenfleckenrelativzahl, Provisorische Relativzahlen, Neue Relativzahlen (Beck, Pettis), Positionsbestimmung von Flecken, Lichtbrücken, Weißlichtfackeln, differentielle Rotation, Sonnenfinsternisse und Korona, H-Alpha, Fotografie. Ansprechpartner sind in der Zeitschrift „Sonne“ genannt (s. Sonne 115, September 2005).

Motive für Amateurbeobachtungen

Durch optische Riesenteleskope (s. Korona 92) und Radioteleskope sowie durch das Hubble-Space-Teleskop und Raumsonden, die zu Sonne, Mond, Planeten und Kometen fliegen und Daten zur Erde senden, wurden in den letzten Jahren enorme Erkenntnisse gewonnen. Weitere Erkenntnisfortschritte sind in naher Zukunft zu erwarten. Angesichts dieser Tatsache muss man fragen, welchen Sinn dann eigentlich noch das Beobachten der Amateurastronomen hat. Sie können nicht mit Fachastronomen konkurrieren. Sollten sie sich in Zukunft auf das Verbreiten astronomischer Erkenntnisse bei Vorträgen, Planetariumsvorführungen und Führungen in Sternwarten beschränken? Mindestens die folgenden Motive für Amateurbeobachtungen sprechen dafür, weiterhin astronomische Objekte zu beobachten und zu untersuchen und auch andere dazu anzuregen:

1. Ästhetische Erlebnisse

Ästhetische Erlebnisse gehören zur Lebensqualität des Menschen. Ob es sich um ein Konzert, ein Theaterstück, den Besuch einer Kunstausstellung oder den Anblick eines Alpenpanoramas nach dem Besteigen eines Gipfels handelt – in den meisten Fällen empfinden wir das als emotional befriedigend und als Bereicherung in unserem Alltag. Das gleiche gilt für die Betrachtung des Sternenhimmels in einer klaren Nacht und den Anblick von Himmelskörpern durch ein Fernglas oder ein Teleskop. Der Anblick von Sternwolken der Milchstraße, offenen Sternhaufen und des Orionnebels kann schon in mit einem großen Fernglas ein Erlebnis sein. Auch das Betrachten der Gebirge und Krater des Mondes mit ihrem langen Schattenwurf an der Lichtgrenze und des Saturns mit seinen Ringen können ein Genuss sein. Der Anblick des Originals fasziniert meist stärker als das Betrachten von Abbildungen, sofern die Abbildung nicht wesentlich mehr zeigt als der Blick durchs Fernrohr, wie das z.B. bei Farbfotos von Nebeln der Fall ist.

Am stärksten wirkt wohl eine totale Sonnenfinsternis, bei der man die helle Korona in den schwarzen Weltraum strahlen sieht. Für diese Erlebnis und das Aufnehmen entsprechender Fotos unternimmt mancher Sternfreund gern eine weite Reise (s. Korona 101, April 2006).

Ästhetische Erlebnisse können durch das Fotografieren über den Augenblick hinaus erhalten werden. Geeignete Objekte sind Sonnen- und Mondfinsternisse, Mondkrater, Sternwolken

und Sternhaufen, der Orionnebel und große Kometen, bei Verwendung größerer Instrumente auch Sonnenflecken, weitere Nebel und Galaxien, bei Nutzung der Digitalfotografie mit Computerbearbeitung auch Planeten.

Manche Amateure schmücken ihre Wohnung mit solchen Fotos, auch dann, wenn sie mit professionellen Fotos der Astrokalender nicht konkurrieren können.

2. Befriedigung der Neugier durch eigenes Forschen

Neugier ist ein wesentliches Motiv des Forschens, auch in der Wissenschaft. Wer nicht neugierig ist und nur forscht, weil er dafür bezahlt wird, ist kaum kreativ und eignet sich allenfalls für Routinearbeiten mit Dienst nach Vorschrift. Friedrich Schiller bezeichnet solche Leute in seiner berühmten Antrittsrede an der Universität Jena als „Brotgelehrte“.

Lässt sich die Neugier nicht auch durch Lektüre von Büchern, Zeitschriften und Internet-Meldungen befriedigen? Selbstverständlich kann man das. Aber der Reiz der eigenen Beobachtung besteht darin, dass man selbst am Original forscht und dass man etwas ganz Aktuelles sieht, z.B. die Sonnenflecken in dieser Minute. Schließlich ist auch das Erleben eines Konzertes, eines Theaterstückes oder eines Fußballspieles mehr wert als das Ansehen dieser Veranstaltung im Fernsehen, auch wenn man im Fernsehen viele Details besser sieht als auf einem festen Platz im Saal oder Stadion.

3. Nachvollziehen bekannter Forschungsergebnisse

Selbst wenn man schon weiß oder nachlesen kann, zu welchem Ergebnis ein Experiment führt, motiviert das eigene Experimentieren die meisten Schüler oder Studierenden mehr als das bloße Nachlesen des Experimentverlaufs und des Ergebnisses im Lehrbuch, denn

- man verschafft sich Erfolgserlebnisse,
- die Lehrbuchaussage kann überprüft werden,
- das Experiment kann man variieren und
- falls das Experiment misslingt, kann die Suche nach der Ursache des Mislingens einen Lernprozess in Gang setzen und die Erkenntnis erweitern.

Diese Überlegungen gelten auch für das Beobachten astronomischer Phänomene, obwohl dabei nicht mit dem Beobachtungsobjekt experimentiert wird, sondern allenfalls mit dem von ihm ausgesandten Licht. Beispiele für ein solches Nachvollziehen von Forschungsergebnissen sind die Bestimmung der Höhe von Mondkratern aus ihrer Schattenlänge (Zimmermann 1995, S. 100), die Bestimmung der Rotationsgeschwindigkeiten von Sonne, Mars und Jupiter, die Bestimmung der Umlaufzeiten der vier großen Jupitermonde und die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit durch Registrierung der Verfinsternung der Jupitermonde (nach Olaf Römer).

4. Regelmäßiges Verfolgen von Veränderungen

Die professionelle astronomische Forschung geht speziellen Problemen nach und bemüht sich um deren Lösung mit den jeweils besten zur Verfügung stehenden Forschungsmethoden und Instrumenten. So wurden die Planetenoberflächen mit Sonden aus kurzer Entfernung fotografiert und kartiert. Die Ergebnisse werden analysiert und für die Weiterentwicklung von Theorien über die Entstehung und Entwicklung von Planetenoberflächen genutzt.

Amateure beobachten dagegen mit bescheidenen Instrumenten nur von der Erde aus, noch dazu durch eine oft unruhige Erdatmosphäre hindurch. Der Vorteil der Amateurbeobachtungen besteht aber darin, dass Amateure nicht nur wie Fachastronomen nur wenige Male ein bestimmtes Objekt untersuchen. Vielmehr erfolgen Beobachtungen eines Objekts durch viele Amateure regelmäßig über große Zeiträume, oft über Jahrhunderte hinweg. Über Sonnen-

fleckenzahlen liegen z.B. Angaben seit 1650 und regelmäßige Beobachtungen seit etwa 1750 vor. Auch die Wanderung sowie das Verschwinden und Wiederauftauchen des Großen Roten Flecks (GRF) auf Jupiter wird seit vielen Jahrzehnten verfolgt (früheste gesicherte Beobachtung 1831, s. Roth 1998, S. 239 f.).

Bei veränderlichen Fixsternen und fernen Galaxien kann man photometrisch Helligkeitsschwankungen nachweisen und das Kurvenbild dieser Schwankungen zeichnen.

Die Handbücher von Beck et al. (1. Aufl. 1982), Roth (1989), Roth (1998) und Zimmermann (1995) enthalten eine Fülle an Beobachtungsaufgaben für Amateure, von denen sich auch viele auf Veränderungen auf den Oberflächen bzw. Atmosphären von Sonne und Planeten beziehen.

Beispiel Sonne

Die Anzahl der Amateure, die regelmäßig und über viele Jahre die Sonne beobachten, ist größer als die Anzahl derjenigen, die ebenso regelmäßig Planeten beobachten. Das geht eindeutig aus Veröffentlichungen der Beobachtungsergebnisse von Amateuren hervor. Die Ursache liegt darin, dass man schon mit kleinen Instrumenten Sonnenflecken gut erkennen kann und sich diese Flecken schon innerhalb von Stunden und Tagen immer wieder verändern. Man erhält also bei der Sonne viel leichter Erfolgserlebnisse als bei Planeten, deren Oberflächendetails nur in größeren Instrumenten gut erkennbar sind und die sich auch nicht so schnell ändern wie die Flecken der Sonne.

Seit 1977 besteht in der Bundesrepublik Deutschland das SONNE-Netz, dem zahlreiche Beobachter und einige Sternwarten angehören, darunter auch einige aus dem Ausland. Die Beobachter schicken jeweils am Monatsende ihre Ergebnisse, die sie in die im Internet zu findenden Formblätter der VdS, Fachgruppe Sonne, eintragen an die zentrale Auswertungsstelle in Berlin (seit Juli 2002: Andreas Bulling, c/o Sternfreunde im FEZ, An der Wuhlheide 197, 12459 Berlin, E-Mail: relativzahl-daten@VdS-Sonne.de). Dort werden die Mittelwerte errechnet und die ersten Ergebnisse sofort als „Provisorische Relativzahlen“ im Internet und später, wenn alle Beobachtungsergebnisse vorliegen, als „Definitive Relativzahlen“ im Internet und in der Zeitschrift „Sonne“ veröffentlicht (z.B. in SONNE 114, S. 53). Die Anzahl der Beobachter des SONNE-Netzes liegt bei etwa 100, die Anzahl der Tages-Beobachtungen pro Jahr bei ca. 15.000. Von 1977 bis Ende 2004 wurden 350.000 Beobachtungen mitgeteilt. Die große Anzahl geographisch z.T. weit voneinander beobachtender Mitglieder des SONNE-Netzes führt dazu, dass für jeden Tag Beobachtungen vorliegen. In den letzten 10 Jahren waren das im Mittel 33, minimal 4 und maximal sogar 93 Beobachtungen pro Tag (Sonne 115, S. 87). Ich gehöre dem SONNE-Netz seit der Gründung 1977 an und lieferte 2005 für 214 Tage Beobachtungsergebnisse an die Zentrale.

Neben dem SONNE-Netz gibt es noch weitere, meist nationale Sonnenbeobachter-Netze, deren Relativzahl-Monatsmittel auch in der Zeitschrift „Sonne“ veröffentlicht werden (s. Sonne 114, S. 54)

Profitiert von solchem Aufwand auch die Fachastronomie? Bis zum letzten Drittel des 20. Jahrhunderts registrierten Fachastronomen nicht täglich die Sonnenaktivität. Sie orientierten sich bei Bedarf an Ergebnissen der Amateurbeobachter, besonders der Beobachternetze. Die Kurven der 11-jährigen Sonnenfleckenzyklen seit ca. 1650 gehen überwiegend auf Amateurbeobachtungen zurück. Seit aber Raumsonden die Sonne umkreisen, wird die Sonnenaktivität automatisch lückenlos registriert. Die NASA veröffentlicht täglich das Sonnenbild im Internet. Dennoch haben Amateursonnenbeobachtungen weiterhin ihre Funktion für die Fachastronomie. Sie dienen als Kontrolle der automatischen Registrierungen, überbrücken Ausfälle bei deren Störungen und stellen außer den bloßen Fleckenrelativzahlen noch weitere Daten

zur Verfügung (Klassifizierung der Fleckengruppen, Anzahlen der Flecken jeder Gruppe, Positionen der Gruppen u.a.)

Beispiel Mars

Die morphologischen Oberflächenstrukturen, also Ebenen, Krater und Gebirge des Mars sind durch Fotos und Messungen von Sonden grundsätzlich bekannt geworden. Amateure können mit erdgebundenen Beobachtungen nichts zur Erforschung dieser Strukturen beitragen. Regelmäßige Amateurbeobachtungen zeigen aber die Veränderungen von Albedostrukturen, also heller und dunkler Flächen, die durch das Verwehen hellen Staubes verursacht werden. So verändert z.B. die Große Syrte immer wieder ihre Form (s. Korona 94 und 101). Durch Bilden und Verdunsten von Eis und Schnee in den Polarregionen ändert sich die Größe der Polkappen. An hohen Gebirgen bilden sich Wolken und lösen sich wieder auf, so z.B. am Olympus Mons (s. Korona 101, S. 16). Staubstürme trüben die Marsatmosphäre und überdecken zeitweilig die meisten Albedostrukturen. Die Bedeutung von Amateurbeobachtungen besteht hierbei darin, dass Amateure über längere Zeiträume Veränderungen registrieren – was Fachastronomen aus Zeitmangel nicht leisten können.

Beispiel Jupiter

Die Wolkenstrukturen der Jupiteratmosphäre sind ebenfalls durch detailreiche Fotos von Sonden grundsätzlich gut bekannt. Aber die Feinstrukturen verändern sich innerhalb von Wochen, die Grobstrukturen im Laufe von Monaten oder Jahren. So kann man in manchen Jahren das Verschwinden (Fading) und Wiederauftauchen der großen Bänder beobachten. Der Große Rote Fleck (GRF) wandert jährlich um mehrere Grade, verändert seine Farbe und verschwindet in manchen Jahren ganz. Kleine Weiße Flecken (WOS) ändern ihre Positionen auch innerhalb von Wochen und Monaten. Noch kurzfristiger verändern sich Strukturen innerhalb der Bänder (z.B. Barren und kleine dunkle Flecken) und Girlanden in der Äquatorzone. Aus solchen regelmäßige Beobachtungen, für die Fachastronomen keine Zeit haben, können diese Schlüsse über Vorgänge in der Jupiteratmosphäre und in darunter liegenden Schichten ziehen.

Beispiel Venus

Die feste Oberfläche der Venus wurde durch mehrere Sonden erkundet. Amateure können zu ihrer Erforschung nichts beitragen, weil die Venusoberflächeständig durch eine dichte, helle Wolkenschicht überdeckt wird. Die Beobachtung der Venusphasen, das Übergreifen der „Hörnerspitzen“, die Bestimmung der Zeit-Differenz zwischen der theoretischen Halbphase (Dichotomie) und der tatsächlich beobachteten Halbphase („Schröter-Effekt“) und die Beobachtung blasser Flecken auf der Wolkenoberfläche können für den Anfänger reizvoll sein, neue Erkenntnisse über die Venus sind aber dabei nicht zu gewinnen, so dass eine regelmäßige Venusbeobachtung eigentlich Zeitverschwendung ist.

Beispiel Planetoiden

Mitarbeiter mehrerer Vereins- oder Volkssternwarten haben sich darauf spezialisiert, neue Planetoiden zu entdecken – und das mit Erfolg. Die Entdecker dürfen jeweils einen Namen für den neuen Planetoiden vorschlagen, der offiziell anerkannt wird, sobald die Entdeckung von Fachastronomen bestätigt und die Bahnelemente des Planetoiden sicher bekannt sind.

Beispiel Kometen

Weltweit beobachten viele Amateure regelmäßig den Sternhimmel, fertigen z.T. auch Sternfeldfotos an und vergleichen diese mit frühere Fotos desselben Gebietes. Neue Objekte werden in der Regel von den Entdeckern umgehend auf elektronischem Wege an die großen

Sternwarten gemeldet und ins Internet gestellt. Deshalb ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass neue oder wiederkehrende Kometen frühzeitig entdeckt und deren Entwicklung von Fachastronomen über einen langen Zeitraum verfolgt werden kann.

5. Entwickeln und Überprüfen von Untersuchungs- und Auswertungsverfahren

Das Forschen kann sich auch auf angemessene Verfahren zur Registrierung und Auswertung von Phänomenen beziehen. Viele Verfahren zur Registrierung und Auswertung von Sonnen- und Planetenbeobachtungen wurden von Amateuren entwickelt und fanden Eingang in Beobachtungshandbücher. Auch die Überprüfung neuer Verfahren kann durch Amateure erfolgen. So hat die 1848 von Rudolf Wolf eingeführte Wolfsche Sonnenfleckenrelativzahl $R = k(10g + f)$ einige Mängel. Der Berufsastronom Dr. Rainer Beck (Bonn) entwickelte deshalb 1977 eine Formel für eine neue Relativzahl R^* , später „Relativzahl nach Beck (R_B)“ genannt, die seitdem von einigen Amateuren des Sonne-Netzes neben der Wolfschen Relativzahl ermittelt und zur Auswertung regelmäßig an die Fachgruppe Sonne der VdS weitergegeben wird. Diese neue Relativzahl enthielt ursprünglich noch einen Korrekturfaktor, für den ich aber nachwies, dass er nachteilig ist. Beck ließ diesen Faktor daraufhin weg. Er schreibt im Handbuch für Sonnenbeobachter (1982, S. 295): „Diese Korrektur war in der ursprünglichen Definition von R^* enthalten, wurde aber nach der Kritik der Beobachter (Hedewig, 1978a) fallengelassen, da R^* -Werte nur als Rotationsmittel Aussagekraft haben (s.o.).“

Die folgenden von mir 1978/79 veröffentlichten Beiträge zu Verfahren und Ergebnissen der Sonnenbeobachtung werden im Handbuch für Sonnenbeobachter (1982) zitiert:

Erfahrungen mit der neuen Sonnenfleckenrelativzahl R^* von Beck (Korona 16, 25, 1978), Fläche und Relativzahl von Sonnenflecken (Sonne 2, 23, 1978) und Schnelle Veränderungen in Sonnenflecken (Sonne 3, 17, 1979).

Es gibt also viele Gründe dafür, dass Amateure auch im Zeitalter der Riesenteleskope und Raumsonden Beobachtungen mit kleinen und mittelgroßen Instrumenten durchführen und ihre Ergebnisse weiterleiten. Möge sich die Amateurastronomie auch in Zukunft gut entwickeln und dabei neue Methoden anwenden und neue Aufgabenfelder erschließen.

Literatur

- Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2006. Spektrum, Heidelberg 2005
 Beck, R./Hilbrecht, H./Reinsch, K./Völker, P. (Hrsg.): Handbuch für Sonnenbeobachter. VdS, Berlin 1982
 Gerstheimer, R.: Videoastronomie mit einfachen Mitteln. Korona 85, Januar 2001, S. 4-7
 Hedewig, R.: 50 Jahre Sonnenbeobachtung. Korona 84, August 2000, S. 8-18
 Hendrich, Chr.: Digitale Astrofotografie. Korona 88, Januar 2002, S. 7-11
 Mein Teleskop. Fernrohre und Zubehör für Einsteiger. SuW Basics 2, SuW/Spektrum, Heidelberg 2004
 Mollise, R.: Teleskoptypen, Teil III. Ein Kat für alle Fälle. Astronomie heute, Juni 2006, S. 64-69
 Roth, G.D. (Hrsg.): Handbuch für Sternfreunde. 2 Bände, Springer Berlin/Heidelberg 1989
 Roth, G.D. (Hrsg.): Planeten beobachten. Verlag Sterne und Weltraum, München 1998
 SONNE. Mitteilungsblatt der Amateursornenbeobachter. Nr. 115, September 2005
 Webcam-Astronomie. Eine neue Ära der Planetenphotographie. In: SuW-Basics 2: Mein Teleskop. SuW/Spektrum, Heidelberg 2004, S. 131-136
 Zimmermann, O.: Astronomisches Praktikum. Verlag Sterne und Weltraum, München 1995

Prof. Dr. Roland Hedewig, Am Krümmershof 91, 34132 Kassel, r.hedewig@t-online.de

Die neue Sternwartenmontierung Fornax 51

Marcus Schüler

Seit März diesen Jahres verfügt die Sternwarte Calden auch in der zweiten Steinkuppel über eine moderne, computergesteuerte Teleskopmontierung.

Nachdem im Jahre 2002 bereits eine gebrauchte Montierung vom Typ ALT-7 für die Schaerkuppel gekauft wurde, war es dem Verein in diesem Jahr finanziell möglich, auch die Newtonkuppel mit einer modernen Montierung auszustatten.

Dabei fiel die Wahl auf die Fornax 51, die neben den wichtigen Punkten wie Qualität und Stabilität auch noch die Möglichkeit hat, dass sie noch durchaus transportabel ist. Somit kann diese Montierung in Verbindung mit einem stabilen Stativ auch bei den nächsten Alpenfahrten mitgenommen werden. Das eröffnet auch die Möglichkeit, unter einem optimal dunklen Himmel gute fotografische Ergebnisse zu erzielen.

Als Steuerung wurde die schon bewährte Koch FS-2 genommen. Diese verrichtet auch bei der ALT-7 bisher zuverlässig ihren Dienst. Somit muss man sich auch nicht an eine neue

Steuerung gewöhnen, die Bedienung bleibt in beiden Kuppeln gleich. Ein PC zur Erfüllung verschiedener Aufgaben wurde auch in dieser Kuppel installiert. Zum Einen lässt sich das Fernrohr damit „Fernsteuern“, indem man mit einem entsprechenden Programm den Zielpunkt am Himmel vorgibt. Auch ist es möglich, ein Livebild am Computermonitor zu zeigen, welches von der Mintron oder ähnlichen Kameras übertragen werden kann. Natürlich lassen sich auch gleich die fotografischen Ergebnisse mit den entsprechenden Programmen verarbeiten.

Nach Abschluss der erforderlichen Umbauarbeiten an der Säule konnte die Montierung pünktlich zum Tag der offenen Tür am 1. Mai der Öffentlichkeit und der Presse vorgestellt werden.

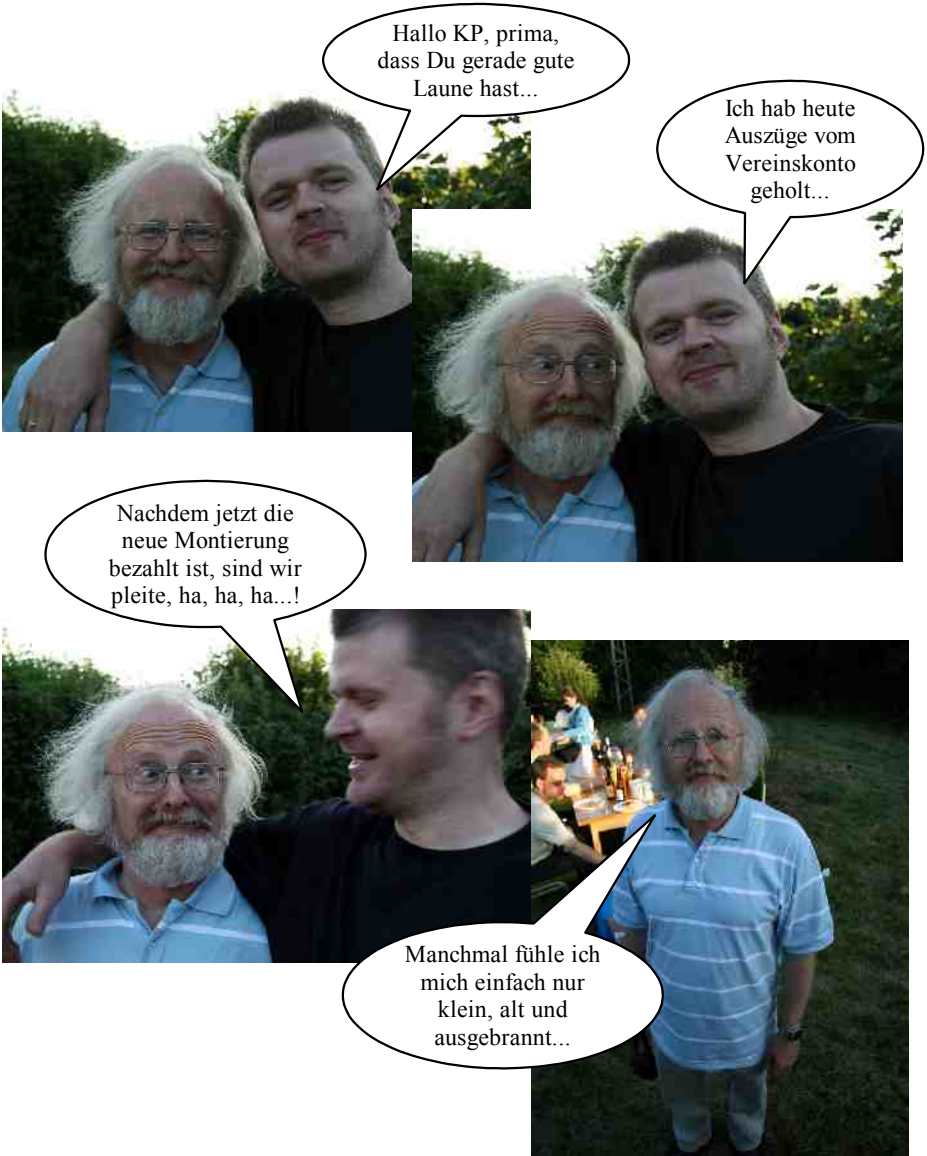
Nachdem nun auch die ersten Beobachtungsnächte erfolgt sind und die Montierung auch gut eingenordet wurde, bleibt ein sehr positives Fazit zu ziehen:

Es lässt sich alles leicht und intuitiv bedienen, auch die Verarbeitung lässt keine Wünsche übrig. Alles in allem eine sehr lohnenswerte Anschaffung für die nächsten Jahre!



Ein „internes“ Gespräch zwischen Vorsitzenden und Kassenwart

Marcus Schüler



Eigenständiges Arbeiten in Workshops

Klaus-Peter Haupt

Seit 2002 veranstalten der PhysikClub der Kinder- und Jugendakademie, der Astronomische Arbeitskreis Kassel e.V. und die Albert-Schweitzer-Schule sechstägige Workshops über aktuelle und fachübergreifende Themen aus Naturwissenschaft und Philosophie.

70% der Teilnehmer/innen sind besonders interessierte und begabte Jugendliche zwischen 15 und 20 Jahren. Unter den Erwachsenen sind sowohl fachlich hochqualifizierte Naturwissenschaftler als auch besonders begabte und interessierte Laien. Diese bunte Mischung arbeitet sich eigenständig mit Hilfe eines Moderators in die verschiedenen Aspekte des Workshop-Themas ein.

Einige der Workshops, insbesondere der über Quantenmechanik, werden ausführlicher beschrieben, als Anregung zur Nachahmung, vielleicht auch zu inhaltlich anspruchsvoll gestalteten Studienfahrten, die bei einem entsprechenden Freizeitprogramm auch ausreichenden unterhaltenden Charakter haben. Die beschriebene Methode eignet sich aber auch für schulische Arbeitsgruppen oder auch im Einsatz bei projektorientiertem Unterricht.

1. Astronomie und Physik auf einer Berghütte

Erste Erfahrungen mit der Organisation gemeinschaftlichen Lernens und Arbeitens ergaben sich aus den sog. „Alpenfahrten“ des Astronomischen Arbeitskreises Kassel.

In den letzten 20 Jahren führen (überwiegend erwachsene) Mitglieder des Astronomievereins mehrmals für 6 Tage auf eine hochgelegene Berghütte und beschäftigten sich in Arbeitsgruppen mit Beobachtungsaspekten der Astronomie. Die Arbeitsgruppen wurden von Studenten geleitet und waren noch sehr auf Wissenstransfer ausgelegt, aber auch schon auf eigene praktische Tätigkeiten der Teilnehmer/innen. Zahlreiche große Fernrohre und Montierungen, später auch Computer und CCD – Kameras wurden mitgebracht und in großer Höhe aufgebaut und für die praktische Tätigkeit eingesetzt.

Anknüpfend an die positiven Erfahrungen, die aus der Mitorganisation der „Internationalen astronomischen Jugendlager“ stammen, die in entsprechender Form heute immer noch jährlich veranstaltet werden, gab es schon bei diesen „Alpenfahrten“ kommunikative Strategiespiele und eine ganztägige „Outdoor“ – Aktion (damals eine Hochgebirgswanderung oder Kletter- und Abseilübungen).

Nach einer längeren Pause, die sich durch das nachlassende Interesse der bisherigen (erwachsenen) Teilnehmer ergab, konnte 2002 durch Einbeziehung der Jugendlichen aus dem gerade gegründeten PhysikClub eine ausreichende Schar von hochmotivierten Teilnehmern gewonnen werden, mit deutlich erhöhtem Anteil von Jugendlichen.

Auf der Bielefelder Hütte (2400 m Höhe, bei Oetz) gab es in den Herbstferien 2002 einen Workshop über Astronomie und Kosmologie, bei der noch nach der Struktur der Alpenfahrten Studenten und Doktoranden Arbeitsgruppen anboten.

Die Arbeitsgruppen waren:

- Beobachtung von Galaxien mit einer CCD-Kamera
- Bildbearbeitung mit einer Webcam
- Programmierung neuronaler Netze
- Positionsbestimmung und Bau einer Sonnenuhr
- Fotografie in Kunst und Wissenschaft, Astrofotografie mit Film

- Bau eines Spektroskops und Spektralanalyse astronomischer Objekte
- Kosmologie
- Einführung in die Beobachtungen des Sternenhimmels

2. Evolutionäre Systeme: Die Struktur der Workshops entsteht

Im Mai 2004 führen wir dann für 6 Tage mit 34 Personen zum ersten Mal in das Haus Sonnenfels bei Lichtenstein in der schwäbischen Alb.

Das Haus bietet Platz für ca. 40 Personen (der Workshop wird also nicht durch andere Gäste gestört, eine sehr wichtige Voraussetzung für das Entstehen einer guten Arbeitsatmosphäre), hat zahlreiche Räume für die Arbeitsgruppen und einen mit modernen Medien ausgestatteten Hörsaal. Eine große Wiese mit Fußballplatz und Beachballfeld sowie ein Wildwasserbach mit abenteuerlicher Überquerungsmöglichkeit laden zur körperlichen Aktivität in den Arbeitspausen ein. Bei schlechtem Wetter überbrücken ein Billardspiel, Tischtennis und Tischfußball die Freizeit.

Im PhysikClub war gerade das Thema „Netzwerktheorie“ in Form von kleinen Forschungsgruppen bearbeitet worden. Dabei spielte auch die Entwicklung von Netzwerken und evolutionäre Mechanismen eine Rolle. Deshalb sollte dieses Thema vertieft und auf viele Fächer erweitert werden. Somit war der Workshop auf die Behandlung evolutionärer Systeme ausgelegt.

Die Teilnehmer/innen wählten sich in feste Arbeitsgruppen ein, die mit Hilfe von ausgegebenem Material sich eigenständig in die entsprechende Thematik eingearbeitet haben.

Leitfragen und Arbeitshinweise erleichterten die Gliederung des Stoffes und das Erfassen der Inhalte.

Es gab die folgenden Arbeitsgruppen:

- Zelluläre Automaten
- Philosophisch Bewertungen
- Genetische Algorithmen
- Die Bedeutung der Information
- Kosmische Evolution
- Geistige Evolution
- Spencer-Browns Laws of Form und der Informationsbegriff
- Leben und künstliches Leben



In regelmäßigen Plenumsveranstaltungen unterrichteten sich die Arbeitsgruppen gegenseitig über den Stand ihrer Erkenntnisse und diskutierten gruppenübergreifende Aspekte. Diese Form des Zusammenführens der verschiedenen Arbeitsgruppen hat sich nicht unbedingt als optimal herausgestellt, da durchaus die ein oder andere längere Monologisierung zu Ermüdungserscheinungen bei den Zuhörern führte.

Die Darstellung von Arbeitsergebnissen, Thesen und Anregungen an einer Pinwand war dagegen eine weitere gut genutzte Möglichkeit der Kommunikation über die Gruppengrenzen hinweg.

Der erste Abend des Workshops wurde durch einen Vortrag von Prof. Dr. H. Ruder aus Tübingen gestaltet, der gekonnt und motivierend anspruchsvolle Aspekte der kosmischen Evolution darstellte und so einen übergreifenden Ansatz als Input in die Arbeit lieferte.



Auch bei diesem Workshop gab es wieder eine Reihe von nichtfachlichen Aktionen:

- In kleinen Gruppen wurde eine kleine nicht ausgebaute Höhle befahren. Für jeweils 45 Minuten lernten die Teilnehmer/innen eine ihnen bislang fremde Welt unter Tage kennen.
- Als Kommunikationsspiel wurde eine Abwandlung des bekannten „Space Tower Spiels“ angeboten: Es musste aus einer begrenzten Menge von Papier unter bestimmten einschränkenden Regeln und Konstruktionsanweisungen eine Rollbahn gebaut werden, auf der ein Tischtennisball möglichst lange unterwegs war.

3. Workshop „Was ist Zeit?“

Das Thema des nächsten Workshops 2005 war durch das Einsteinjahr beeinflusst, es ging um philosophische und relativistische Aspekte des Zeitbegriffs.

Auch dieser Workshop fand für 6 Tage in Lichtenstein statt. Erneut hielt Prof. Ruder einen Vortrag, diesmal mit den von ihm und seinem Team produzierten Simulationen zu relativistischen Effekten („Was Einstein gern gesehen hätte...“).

Eröffnet wurde der Workshop aber durch einen Besuch in einer benachbarten kleinen Schauhöhle, in der die Teilnehmer bei absoluter Dunkelheit und Stille isoliert voneinander eine besondere Erfahrung von Zeit machen sollten. Danach wurden subjektive Phänomene der Zeitwahrnehmung von einem Psychologen vorgeführt und erläutert.

Ansonsten aber wurde die Arbeitsstruktur beibehalten, auch bei diesem Workshop blieben die Teilnehmer in festen Arbeitsgruppen. Die Plenumsveranstaltungen wurden aber etwas

anders organisiert. Es gab kleine Aufgaben für die einzelnen Teams, die jeweils ein Vertreter der Arbeitsgruppe dem Plenum erläutern sollte. Das war etwas spannender, wenn auch die vorgegebene Redezeit nicht immer eingehalten wurde. Gerade für die Jugendlichen aber war (und ist es) eine wichtige Erfahrung prägnant und zielorientiert vor einem Fachplenum einen Sachverhalt darstellen zu müssen.

Besonderen Anklang fand die Darstellung der Philosophiegruppe, deren Mitglieder in die Rolle berühmter Philosophen und Naturwissenschaftler schlüpften und in einer die Kulturgeschichte übergreifenden Podiumsdiskussion den Zeitbegriff erörterte.

Trotzdem zeigte sich auch hier nach mehreren Plenumsveranstaltungen eine gewisse Ermüdung, die zu einer neuen Arbeitsform beim nächsten Workshop führte.

Der Ablauf des Workshops wird an der Zusammenstellung der Arbeitsaufträge (Tasks) deutlich:

Arbeitsaufträge für die AGs:

Jede der Arbeitsgruppen erhält drei Aufgaben (Tasks), die während des Workshops gelöst werden sollen. Zu den Aufgaben gibt es Literatur und Hilfsmittel. Die Aufgaben selbst sind weitestgehend auf die Mitglieder der AGs ausgerichtet. In regelmäßigen Abständen werden die Lösungen dem ganzen Plenum präsentiert (maximal in 15 Minuten). Dadurch erhält jeder Teilnehmer weitgehende Übersichten über die Zeitproblematik. Ein Teil der Aufgabe ist es also, das erarbeitete Wissen für andere darzustellen. Dadurch werden die Plenumsitzungen ein Informationspool für alle. Der Umfang der Aufgaben ist so gestellt, dass auch genügend Zeit für freie Gespräche bleibt.

AG 1: Die Richtung der Zeit

Task 1: Veranschaulichen von Entropie und Information mit Hilfe eines Papierstapels, Vergleich der Einheiten Bit und Carnot für die Entropie.

Task 2: Das zerplatze Ei: Warum kann die Ordnung in unserem Kosmos überhaupt abnehmen? Dazu: Sterne und Menschen als Entropieerzeuger, Urknall als niederentropischer Zustand

Task 3: Die Verletzung der Zeitumkehrsymmetrie durch die CPT – Verletzung bei Kaonen

AG 2: Zeit ist relativ

Task 1: Zeitdilatation und die Relativität der Gleichzeitigkeit mit Minkowski – Diagrammen soll dargestellt werden.

Task 2: Das Prinzip der maximalen Eigenzeit soll erläutert werden.

Task 3: Die Illusion des Jetzt in der Raum-Zeit: Die Relativität der Gegenwart

AG 3: Die gekrümmte Raum-Zeit

Task 1: Zeige, dass an gekrümmten Flächen der Winkelüberschuss mit der Fläche des Dreiecks wächst.

Task 2: Bau eines Modells für eine Wurmloch – Zeitmaschine

Task 3: Zeitmessung im Gravitationsfeld: Das Modell der rotierenden Scheibe

AG 4: Der Anfang der Zeit

Task 1: Eine räumliche Darstellung einer Zeitreise zum Urknall

Task 2: Wieso kann eventuell der Planck – Satellit eine Zeit vor dem Urknall nachweisen?

Task 3: Was versteht man unter einem „Universum ohne Rand“?

AG 5: Zeitquanten

Task 1: Was bedeutet eine Quantelung von Raum und Zeit?

Task 2: Wie entsteht die Zeit im Modell der Quanten – Loop – Gravitation?

Task 3: Die Vergangenheit ausradieren: *delayed choice* - Experimente an Gravitationslinsen

AG 6: Zeit zum Philosophieren

Task 1: Aufführung eines Streitgesprächs zwischen Kant und Leibniz über die Zeit

Task 2: Zerstört ein freier Wille die Möglichkeit von Zeitreisen?

Task 3: Ist das Jetzt eine Illusion?

Die Teams erhielten beim Workshop Infomaterial (Artikel aus Spektrum der Wissenschaft, Auszüge aus populären Büchern und aus Fachbüchern) und Material für die jeweilige Präsentation, sowie weitere Hilfen durch den Moderator. Recherchen im Internet waren möglich und erwünscht, aber auch die Entwicklung eigener Ideen und Fragen zu den Tasks. Eine weitere Möglichkeit, sich über die Thesen der anderen Gruppen zu informieren war die Zeitwand:

Ihre Bedeutung wird aus der Ankündigung sichtbar:

„Was ist Zeit?“ ist unsere zentrale Frage. Jede Idee zu einer Beantwortung, jede wissenschaftliche Erkenntnis und jede fantasievolle Äußerung soll fortwährend an einer immer umfangreicher und komplexer werdenden Wand dargestellt werden. An einem Abend werden wir uns besonders dem Aufbau der Zeitwand widmen und über Zeit ins Gespräch kommen.

Erneut gab es auch zwei nichtfachliche Aktionen:

- Betreut durch ein Expertenteam befuhren wir eine der größten deutschen aktiven Wasserhöhlen, bei der die Teilnehmer sogar durch einen Siphon tauchen mussten. Wenn vielleicht mancher der Teilnehmer bei den Themen der Arbeitsgruppen nicht an (kognitive) Grenzen gestoßen war, so machte jeder in dieser Höhle eine Grenzerfahrung, entweder bei der Überwindung der Ängste oder durch den Entschluss, nicht zu tauchen und vor dem Siphon umzukehren. Viele aber liefen für viele Stunden durch das teilweise bis zum Hals reichende eiskalte Wasser und tauchten zweimal durch den Siphon, denn raus aus der Höhle wollten schließlich alle.
- An einem der Abende musste eine Flugmaschine gebaut werden, die bei möglichst langer Flugzeit aus vorgegebener Höhe ein rohes Ei unzerstört auf den Boden befördert. Das Baumaterial (Gelbe Säcke, Seile, Papier, Klebstoff) war auf die einzelnen Gruppen aufgeteilt und musste durch Tauschverhandlungen unter den Gruppen, je nach Bauplan und Idee, nach einem festgelegten Währungssystem eingekauft und verkauft werden.

Die nichtfachlichen Aktionen dienen einmal dazu, körperliche Grenzerfahrungen zu machen und dabei möglichst über die eigenen Grenzen zu gehen. Die Strategiespiele fördern Kommunikation und gruppendynamische Erfahrungen und sind nicht selten Anlass zu anschließenden beratenden Gesprächen.

4. Workshop: Die Welt der Quanten

Zum vierten Mal in Folge fand 2006 ein Workshop statt. Manche der Teilnehmer haben an allen vorherigen Workshops teilgenommen, aber nur ca. ein Drittel der Teilnehmer fluktuiert. Deshalb müssen auch die Freizeitangebote variiert werden. So stand 2006 nicht eine Höhlenbefahrung im Zentrum der Outdoor-Aktion, sondern ein Geländestrategiespiel, bei dem neben einer Tageswanderung die Gruppen gemeinsam eine Strategie zum Abseilen an einem 100 m hohen



Kalkfelsen überlegen und durchführen mussten (natürlich unter den wachsamen Augen von Profikletterern). Hierbei und bei der gemeinsamen Überquerung eines „Wildwasserflusses“ mit Seilen, Leitern oder anderen zu „kaufenden“ Hilfsmitteln war wieder Teamarbeit und gruppeninterne Kommunikation gefragt. Natürlich musste auch ein „Goldschatz“ in einer kleinen (schlammigen) Höhle gesucht werden, ganz ohne Höhlenbefahrung kann man einen Workshop in der schwäbischen Alb einfach nicht durchführen.....



Für die Neulinge unter den Teilnehmern gab es erneut ein Bastelspiel, es musste eine Achterbahn mit zweifachem Looping für einen Billardball konstruiert und aus Bastelpapier gebaut werden.

Da viele der Teilnehmer auch musikalisch interessiert sind und Instrumente (teilweise bis zur Konzertsreihe) spielen, formierte sich an zwei Abenden ein kleines Workshop-Orchester.

Am Eröffnungsabend hielt Nobelpreisträger Prof. Dr. v. Klitzing

einen Vortrag über die Bedeutung der Quantenmechanik in der Nanoelektronik. Prof. Dr. H. Ruder hielt am nächsten Abend einen spezielleren Vortrag über quantenmechanische Effekte bei der Aufspaltung von Spektrallinien in den starken Magnetfeldern von Neutronensternen.

Beiden Wissenschaftlern ist es gelungen, die Motivation zu schaffen, auf der dann an den folgenden Tagen die eigenständige Beschäftigung mit der Quantenmechanik aufbauen konnte. Deswegen sind solche Inputs von Außen ganz wichtige Aspekte für die Gestaltung eines Workshops. Während am Einführungsvortrag die Bedeutung der Quantenmechanik für aktuelle Entwicklungen der Nanotechnologie sichtbar wurde, gab der Vortrag von Prof. Ruder einen Einblick in die Arbeit der Grundlagenforschung.

Die eigenständige Beschäftigung mit der Quantenmechanik stellte nun eine besondere Herausforderung an die Planung.

Konnten bei den früheren Workshops die Themen ohne große Vorbereitung erarbeitet und die Aufgaben bewältigt werden, so benötigt man für die Quantenmechanik doch gewisse Grundlagen und Begriffe, um sich mit ihren Phänomenen auseinanderzusetzen.

Da die meisten der Teilnehmer Jugendliche der Klassen 10 bis 12 sind, lassen sich Grundkenntnisse über Wellenfunktionen und quantenmechanische Zustände nicht voraussetzen.

Trotzdem sollte nicht ständig ein Informationsinput gegeben werden, außerdem war geplant, die Plenumsveranstaltungen aus oben erwähnten Gründen noch weiter zu reduzieren.

Deswegen wurde ein Konzept entwickelt, bei dem die Teilnehmer nicht mehr in einer festen Gruppe blieben, sondern jedes neue Thema in einer anderen Gruppenzusammensetzung bearbeiteten. Dadurch konnten die unterschiedlichen Inhalte verschiedener Gruppen in den nächsten Themen mit einfließen, es entstand eine Art „Gruppenpuzzle“, das die Vernetzung der Teilnehmer ohne zentrale Plenumsveranstaltung förderte. Die Themenfolge selbst sollte einen individuellen Lehrgang von einführenden Fragestellungen bis zu komplexen Anwendungen ermöglichen.

Aus den Wünschen der Teilnehmer wurden für jeden Themenbereich 7 bis 8 AGs zusammengestellt. Einführende Literatur hierzu wurde schon vorher an die Teilnehmer verschickt, aber auch die Einwahl selbst erforderte schon eine gewisse Einsichtnahme in die Fragestellungen.

Jede AG bekam dann wieder speziellere Literatur, die sie mit Hilfe einer vorgegebenen Fragestellung durchgearbeitet und besprochen hat.

Außer der ersten AG-Sitzung begannen alle anderen AG – Sitzungen mit einer Aufgabenstellung aus dem letzten Themenbereich, die die aus unterschiedlichen AGs kommenden Teilnehmer der neuen Gruppe gemeinsam lösen und besprechen sollte. Dadurch wurden die verschiedenen Schwerpunkte der unterschiedlichen Lehrgänge des letzten Themenbereichs zusammengeführt und grundlegende Aspekte des Themas herausgearbeitet.

Am Ende einer Gruppensitzung wurde dann von jeder Gruppe wieder eine zentrale These auf der im Aufenthaltsraum hängenden Pinwand festgehalten. Wie sich herausstellte ein nicht unbedeutender, durchaus angenommener Vernetzungs- und Informationsaspekt, bei dem interessante Begriffserklärungen und Zusammenfassungen entstanden. Am Ende des Workshops gab es nur ein gemeinsames kurzes Plenum, an dem viele Teilnehmer noch einmal unter der Aufforderung: „Was ich nicht verstanden habe, jetzt aber doch erklären kann“ zentrale Erkenntnisse herausstellten.

In dieser Fragestellung des Abschlussplenums äußert sich eine der zentralen Thesen des Workshops: Die Quantenmechanik ist in der Lage, Vorgänge im Mikrokosmos (und nicht nur dort) zu erklären, d.h. auf wenige grundlegende Axiome und Rechenverfahren zurückzuführen. Ein Verständnis ist aber nicht möglich. Verstehen bedeutet, einen



Sachverhalten in unserer Anschauung, die sich nur auf klassische Erfahrungen beschränkt, zu erfassen und mit Hilfe unserer in der klassischen Welt entstandenen Sprache zu beschreiben. Dies kann nicht gehen, da klassische Eigenschaften aus quantenmechanischen Wirkungen entstehen, die mit unserer Sprache erfassbaren klassischen Größen wie Ort und Impuls also emergente Eigenschaften einer Quantenwelt sind.

Einige ungewöhnliche, aber aussagekräftige Thesen von der Pinwand sind im folgenden dargestellt:

- „Ist die Welt noch determiniert? Antwort: 1. ja 2. neinja 3. janein 4. nein“
- „Das EPR-Paradoxon ist kein Paradoxon“
- „Individualität: Je mehr Wechselwirkungen ein Objekt mit seiner Umgebung hat, desto individueller wird es.“
- „Ein Volleyball ist die lokalisierte Eigenschaft eines Volleyballfeldes“
- „Löscht sich ein Photon im Mach-Zehnder-Interferometer aus? Nein, denn das Photon kommt auf Grund der stochastischen Verteilung nie im Minimum an.“
- „Sind Teilchen die interpretierten Orte des Geschehens?“
- „Unbestimmtheitsbeziehung: Wenn Δx klein ist, bekommt das Objekt Teilcheneigenschaften, es entsteht kein Interferenzmuster. Wenn Δp klein ist, bekommt das Objekt Welleneigenschaften, es entsteht ein Interferenzmuster.“
- „Die Quantenphysik ist der hochbrisante neuzeitliche Impuls zu einem Paradigmenwechsel! Sie ist damit fundamental bewusstseins- und weltbildverändernd wirksam. Sie löst das gewohnte jahrtausend alte 'naive' antike Materie-Alltags-Konstrukt auf und erweitert/bereichert es um gänzlich neue mikrokosmische Realitäten.“

Es gab 6 Sitzungen zu den Oberthemen, 5 von ihnen waren mit 3 Zeitstunden, eine mit 6 Zeitstunden angesetzt. Zu diesen 21 Stunden kommen noch 4 Stunden Vorträge und zwei Stunden Plenumsitzungen. Insgesamt wurde also an den vier „Arbeitstagen“ des Workshops ca. 27 Zeitstunden (36 Schulstunden) an quantenmechanischen Themen gearbeitet. Solche Workshops sind für die Teilnehmer also eine sehr arbeitsintensive Zeit.

Im folgenden ist die Ankündigung der AGs abgedruckt. Die dann wirklich ausgewählten und durchgeführten Arbeitsgruppen sind mit kleinen Einführungstexten versehen.

Die Auflistung soll eine Anregung dafür geben, mit welchen Themen sich Jugendliche eigenständig über Quantenmechanik informieren können. Eine Angabe von möglichen Quellen für die Informationstexte folgt.

Jeder der Teilnehmer/innen sollte einen Weg durch die Quantenmechanik gehen. Der Weg selbst ist unbestimmt, er besteht aus der Überlagerung verschiedener Möglichkeiten. Am Ende des Weges gibt es eine Lokalisierung, d.h. alle befinden sich auf einer Position und tauschen vor dem Beginnen neuer individueller Wege ihre Erfahrungen und Informationen aus.

Das hört sich kompliziert an, ist es aber nicht, eben so wie die Quantenmechanik. Es erspart uns aber langwierige Plenumsveranstaltungen, an denen wir uns in einer Großgruppe gegenseitig über unsere Arbeit in Kenntnis setzen, was letztlich nur sehr oberflächlich und auch ermüdend sein kann.

Deshalb wird folgendes Prinzip im Workshop durchlaufen:

Es gibt 6 Arbeitsgruppensitzungen, die jeweils zu einem Themenbereich gehören. Zu jedem dieser Themenbereiche gibt es ca. 10 verschiedene mögliche Schwerpunktthemen, aus denen insgesamt 8 nach erfolgter Einwahl angeboten werden. Jede(r) Teilnehmer/in wählt sich schon vor Beginn des Workshops (sonst ist es organisatorisch nicht zu bewältigen) in einen der Schwerpunktthemen ein (und das für alle Themenbereiche). Dann wird in der Gruppensitzung in Kleingruppen von 3...4 Personen das jeweilige Schwerpunktthema bearbeitet.

Die jeweils folgende Arbeitsgruppensitzung beginnt dann mit einer kurzen Aufgabe oder Problemstellung zum letzten Themenbereich, die in 30 bis 60 Minuten von der neuen Gruppe (die schon für das nächste Schwerpunktthema zusammengesetzt ist) bearbeitet bzw. besprochen wird. In der Regel werden in dieser neuen Gruppe Personen aus unterschiedlichen früheren Schwerpunktthemen dieses Themenbereichs sein und das Problem somit unter verschiedenen Aspekten beleuchten und diskutieren.

Danach wendet sich die Gruppe dem neuen Themenbereich zu und bearbeitet gemeinsam das nächste Schwerpunktthema, für die sie sich zusammengefunden hat. Die nächste Arbeitsgruppensitzung beginnt wieder zu einer Aufgabe zu dem gerade abgehandelten Themenbereich.

Material, Informationen, aber auch Kurzreferate zu den Schwerpunktthemen werden bereitgestellt, Internetrecherchen könne durchgeführt werden. Die Erarbeitung erfolgt aber weitgehend eigenverantwortlich und eigenständig, mit Hilfe eigener Vorkenntnisse, des ausgegebenen Materials und durch Unterstützung eines Moderators. Die mit () versehenen Themen stellen höhere, teils mathematische, Anforderungen.*

Philosophische Fragestellungen kommen in jedem Themenbereich vor, ein ganzer Themenbereich ist der philosophischen Hinterfragung gewidmet.

Inhaltlicher Ablauf des Workshops und Folge der Themenbereiche:

Einführungsvortrag: Prof.Dr. v.Klitzing
 „Ein Quantensprung in die Nanoelektronik“

Themenbereich 1 : Grundlegende Ideen und Prinzipien der Quantenmechanik

Schwerpunktthemen:

- 1.1 Welle oder Teilchen? Keins von beiden!
 Die Begriffe Welle und Teilchen stammen aus unserer Alltagserfahrung. Quanten gibt es im Alltag nicht, sie sind aber diejenigen Bauteile der Natur, die sich mal so verhalten, dass wir sie mit dem Wellenbegriff und mal mit dem Teilchenbegriff beschreiben können. Die Verbindung der beiden Vorstellungen erfolgt über die Interpretation der Welle als Wahrscheinlichkeitswelle, die die Wahrscheinlichkeit für die Lokalisation eines Quantenobjektes angibt, dabei aber kein Element der Realität ist.
- 1.2 Die Wahrscheinlichkeitsinterpretation der Psifunktion $\psi(x,t)$.
- 1.3 Prinzipien der klassischen Mechanik und die Übertragung auf die Quantenmechanik (Hamilton) (*)
- 1.4 Der Doppelspalt: Interferenz mit vielen und mit einzelnen Objekten

Ein Doppelspalt verteilt Quanten zufällig so, dass wir die Verteilung mit der Interferenz zweier Wellen beschreiben können. Es ist also falsch, von der „Interferenz eines Photons mit sich selbst“ zu sprechen.

- 1.5 Wellenpakete, Wellen und stehende Wellen: Beschreibung von beobachtbaren, freien und eingesperrten Objekten
- 1.6 Etwas was es nicht gibt: Der Dualismus Welle – Teilchen
- 1.7 Grundkonzepte der Quantenmechanik: Wahrscheinlichkeit und Überlagerung
- 1.8 Grundkonzepte der Quantenmechanik: Verschränkung von Mikroobjekten
Die Verschränkung von Quanten (an verschiedenen Orten lokalisierbare Quanten sind vor der Lokalisierung als ein Objekt aufzufassen) ist eines der Grundkonzepte der QM. Was versteht man darunter? Wieso widerspricht die Verschränkung unserem anschaulichen Objektbegriff?
- 1.9 Elektronium: Das Wellenmodell der Materie (*)
- 1.10 Schrödingers Gleichung: Wellen unterwegs (*)
Die Schrödinger Gleichung ist eine typische Differenzialgleichung, die die Ausbreitung von Wellen beschreibt. Die Krümmung der Wellen an einem Punkt (2. Ableitung nach dem Ort x) ist proportional zur seitlichen Beschleunigung des Oszillators an diesem Punkt (erste Ableitung nach der Zeit).
- 1.11 Unbestimmtheitsbeziehung: Ort und Bewegung sind nicht existent!
Aus der Wellenbeschreibung von Quanten ergibt sich, dass Ort und Impuls eines Quants nicht gleichzeitig genau existieren (und somit natürlich auch nicht gleichzeitig genau messbar sind). Damit bewegen sich Quanten nicht längs irgendwelcher Bahnen. Bewegungskurven sind durch Wechselwirkungen entstehende emergente Eigenschaften der Makrowelt.
- 1.12 Ein Ausflug in den Hilbertraum: Ein mathematisches Konstrukt, das alles enthält, was man für die Quantenmechanik braucht (*)
Zustände von Quanten kann man durch Vektoren beschreiben, die allgemeinen mathematischen Regeln gehorchen.
- 1.13 Stehende Wellen und Energiequantelung
- 1.14 Wellenpakete und die Unbestimmtheitsbeziehung

Arbeitszeit incl. Pausen: 3 Zeitstunden

Themenbereich 2 : Interpretationen der Quantenmechanik

Bearbeitung einer Aufgabe zum ersten Themenbereich in neuer gemischter Gruppenzusammensetzung!

Charakterisiere die besonderen Eigenschaften von Quantenobjekten und stelle den Unterschied zu klassischen Objekten heraus.

Schwerpunktthemen:

- 2.1 Bohrs Kopenhagener Deutung
- 2.2 Einsteins Vorstellungen einer real existierenden Welt
Einstein geht von einer Welt aus, in der alle irgendwie messbaren Größen auch reale Bedeutungen haben. Für ihn haben Mikroobjekte Ort und Impuls im Sinne des Besitzens. Das aber ist laut Quantenmechanik falsch!
- 2.3 Gibt es Psi-Kräfte? Die Vorstellungen von Bohm
Bohm versucht durch eine Quantenkraft das zufällige Verhalten von Quanten

determiniert zu beschreiben. Es gelingen aber keine über die Quantenmechanik hinausgehende Erklärungen.

- 2.4 Das Problem der Messung: Der nicht existierende Kollaps der Wellenfunktion
Wenn es mehrere mögliche Messergebnisse gibt, dann befindet sich ein Quant vor der Messung in einem Überlagerungszustand von Wellen. Bei der Messung müssen diese Wellen überall im Universum schlagartig verschwinden, da das Quant ja eine bestimmte klassische Eigenschaft erhalten hat. Diesen sog. Kollaps der Wellenfunktion versucht man inzwischen durch sehr schnelle Wechselwirkungen der Quanten mit der Umgebung zu beschreiben.
- 2.5 Paradoxien der Quantenmechanik: Schrödingers nicht ganz tote Katze und de Broglies Zauberkasten
Schrödingers Katze ist in einem Überlagerungszustand. Durch Wechselwirkung mit der Umgebung entsteht aber in extrem kurzer Zeit entweder eine tote oder eine lebendige Katze. Dies gilt auch für das berühmte Kastenexperiment. Schon während des Trennens der beiden Hälften ist ein klassischer Zustand durch Wechselwirkung des Elektrons mit der Umgebung eingetreten. Es war somit schon immer in der Kastenhälfte, in der es auch gefunden wurde.
- 2.6 Dekohärenz und die Entstehung der klassischen beobachtbaren Welt
Dekohärenz bedeutet der Verlust der Interferenzfähigkeit durch Wechselwirkungen. Es bilden sich stabile, lokale Zustände aus, die wir als klassische Welt beobachten.
- 2.7 Es gibt keine Trennung! Das Einstein-Podolski-Rosen-Paradoxon
1935 hat Einstein auf die seltsamen Eigenschaften von verschränkten Quanten hingewiesen. Es gibt keine Lokalisation verschränkter Objekte mehr. Heute akzeptieren wir dies als Grundeigenschaft der Quantenwelt und bauen Teleportationsgeräte, die die nichtlokalen Eigenschaften verschränkter Objekte ausnutzen.
- 2.8 Quantenmechanik kontra Klassik: Die Bellsche Ungleichung (*)
Quantenmechanische Kopplung ist durch die Verschränkung etwas stärker als die Kopplung bei klassischen Objekten. Dies beschreibt die Bellsche Ungleichung, die begründet werden soll.
- 2.9 Feynman macht es anders, aber genial!
Durch die Pfadintegrale berücksichtigt Feynman alle möglichen Verbindungen zwischen zwei Zuständen. In der Quantenmechanik liefern auch die nichtklassischen Pfade einen möglichen Beitrag zur Wahrscheinlichkeit.
- 2.10 Warum die Quantenmechanik interpretiert werden muss: Der Unterschied zwischen „Verstehen“ und „Erklären“
- 2.11 Elektronium kontra Elektronen oder warum sich der Photoeffekt doch durch Lichtwellen erklären lässt.

Arbeitszeit incl. Pausen: 3 Zeitstunden

Vertiefungsvortrag: Prof. Dr. H.Ruder
„Quantenmechanik in den starken Magnetfeldern von Neutronensternen“

Themenbereich 3: Grundlegende Anwendungen der Quantenmechanik / Quantenmechanische Vorstellung von Kräften

Bearbeitung einer Aufgabe zum zweiten Themenbereich in neuer gemischter Gruppenzusammensetzung!

Inszenierte ein kurzes „Streitgespräch“ zwischen den Anhängern verschiedener Interpretationen der Quantenmechanik.

Schwerpunktt Themen:

- 3.1 Warum fällt das Elektron nicht in den Atomkern? Der Potentialtopf
- 3.2 Bosonen, Fermionen, Pauli-Prinzip und das Periodensystem der Elemente: Wer braucht schon Chemie, wenn's die Quantenmechanik gibt...
Da gleiche Quanten ununterscheidbar sind, müssen bei der Vertauschung zweier Quanten die Zustände unverändert bleiben. Deswegen gibt es nur symmetrische oder antisymmetrische Wellenfunktionen. Zu ihnen gehören die Kraftvermittlerquanten, die Bosonen, die beliebig gehäuft auftreten können und die Bauquanten der Welt, die Fermionen, die sich immer in mindestens einer Eigenschaft unterscheiden müssen. Durch diese Eigenschaft der Fermionen (Pauli-Prinzip) lässt sich der Aufbau des Periodensystems deuten.
- 3.3 Entartete Materie: Der Zustand von Weißen Zwergen als fünfter Aggregatzustand
Entartete Materie gehorcht dem Pauli-Prinzip. Dadurch sind Druck und Temperatur entkoppelt, das Eigengewicht eines weißen Zwerges wird somit nicht durch den Gasdruck sondern durch den Entartungsdruck getragen.
- 3.4 Was sind eigentlich Elementarmagnete und wie entstehen Ferro- und Paramagnetismus?
Elementarmagnete entstehen durch den Spin oder auch den Bahndrehimpuls der Elektronen. In einem äußeren Magnetfeld können diese kleinen Magnete ausgerichtet werden. Wird diese Ausrichtung durch die Kristallstruktur stabilisiert und verstärkt, spricht man vom Ferromagnetismus. Mit dünnen magnetischen Schichten arbeiten inzwischen viele Bauteile der Mikroelektronik. Ihre Arbeitsweise wird untersucht.
- 3.5 Warum die Sonne leuchtet: Der Tunneleffekt und die Radioaktivität
- 3.6 Energiebänder in Halbleitern: Ausflug in die Mikroelektronik
Durch die Wechselwirkung der Atome spalten die äußeren Energieniveaus in dicht beieinander liegende Niveaus auf („Bänder“). Bei Halbleitern sind diese Bänder so wenig voneinander getrennt, dass man die Leitfähigkeit leicht beeinflussen kann. Mit Hilfe der Energiebänder kann man die Bewegung von Löchern und Elektronen veranschaulichen und die Wirkung von Dioden und Transistoren deuten.
- 3.7 Es werde Licht! Die quantenmechanische Vorstellung von der Lichtenstehung
Vakuumfluktuationen treten in Wechselwirkung mit Atomen und lösen so einen Quantensprung eines angeregten Elektrons aus. Es tritt in ein tiefer liegendes Energieniveau und gibt die überschüssige Energie als Photon ab. In metastabilen Niveaus ist diese Wechselwirkung mit dem Vakuum so gering, dass die Energieabgabe nur durch ein vorhandenes Photon angeregt werden kann (Lasereffekt).
- 3.8 Die Unbestimmtheitsbeziehung als Ausdruck der Fouriertransformation eines Wellenpakets (*)
Die Wahrscheinlichkeitswelle für den Impuls ist die Fouriertransformierte der Welle, die den Ort beschreibt. Die Unbestimmtheitsbeziehung lässt sich also auf die Eigenschaften von Fouriertransformationen zurückführen.
- 3.9 Das Bosonen-Ball-Spiel: Wechselwirkungsteilchen beschreiben die Kräfte
Auch Felder haben gequantelte Energiezustände, die durch Feldquanten, Bosonen, beschrieben werden. Diese Bosonen stellen den Feldstoff dar und vermitteln die Kraft zwischen Ladungen.
- 3.10 Schwache Photonen und ein Super-Klebstoff

- 3.11 Quantenelektrodynamik: Elektrische Felder sind gequantelt
 3.12 Quantenchromodynamik: Farbe im Atomkern

In der letzten Stunde: Neuzusammensetzung in den Gruppen für die vierte Arbeitsgruppensitzung!

Bearbeitung einer Aufgabe zum dritten Themenbereich in neuer gemischter Gruppenzusammensetzung!

Nenne und charakterisiere Erscheinungen der Quantenmechanik in Alltag, Technik und Umwelt und wie binden wir sie in unser klassisches Verständnis der Welt ein?

Arbeitszeit incl. Pausen und zwei Gruppenaufgaben: 6 Stunden

Plenum: Einblick in eine andere Welt! Das neue Weltbild der Quantenphysik

Gespräche und Diskussionen

Dauer: 1 Stunde (danach wird die ganztägige Outdoor-Aktion durchgeführt)

Themenbereich 4: Moderne Aspekte der Quantenmechanik

Schwerpunktthemen:

- 4.1 Experimente mit einzelnen Photonen: Können Photonen sich selbst auslöschen?
 Wenn man die Intensität eines Lichtstrahls soweit reduziert, dass immer nur ein Photon in der Versuchsanordnung sein kann, treten trotzdem typische Beugungsbilder auf, allerdings nur, wenn man die Orte der Photonen über einen langen Zeitraum registriert. Dachte man früher noch, dass Taylor 1909 das erste Experiment dieser Art gelungen war, so wissen wir inzwischen durch unsere JuFo-Bundessieger dass Interpretationen von Ein-Photonen-Experimenten mit thermischen Lichtquellen das gehäufte Auftreten (bunching) von Photonen im thermischen Licht berücksichtigen müssen.
- 4.2 Das Bose- Einstein-Kondensat und der Atomlaser
 Bei extrem tiefen Temperaturen können Atome in einen gemeinsamen Quantenzustand gehen und einen kohärenten Atomstrahl erzeugen, dessen Eigenschaften mit denen eines Lasers vergleichbar sind, nur bei extrem kürzeren Wellenlängen. Damit werden quantenmechanische Zustände makroskopisch sichtbar.
- 4.3 Scotty, beam me up: Die Quanten-Teleportation
 Die Verschränkung von Photonen ermöglicht die Übertragung von Eigenschaften über große Distanzen, wobei aber immer noch eine klassische Information weitergegeben werden muss, also nicht ganz so wie beim Beamen im Raumschiff Enterprise. Nicht der Körper, nur die Seele kann gebeamt werden, falls überhaupt jemals so komplexe Strukturen teleportiert werden können.
- 4.4 Geheime Botschaften übertragen: Quantenkryptographie
 Die Verschränkung ermöglicht auch abhörsichere Informationsverschlüsselung, zumindest gestattet sie die eindeutige Erkennung eines Spions im Nachrichtenkanal.
- 4.5 Rechnen mit Eis: Der Quantencomputer
- 4.6 Der Quanten – Hall –Effekt
- 4.7 Laser und gequetschtes Licht
- 4.8 Quantenbits: Wie funktioniert ein Quantencomputer? Quantenalgorithmen: Schneller, aber nur manchmal...
 Ein Quantencomputer benutzt Überlagerungszustände und kann somit alle möglichen

Ergebnisse gleichzeitig darstellen. Leider kann nur ein Zustand ausgelesen werden. Trotzdem gibt es Algorithmen, bei denen ein Quantencomputer von unschätzbarem Wert wäre.

- 4.9 Was sind Quantenbits und warum ist Klonen verboten?
- 4.10 Experimentelle Philosophie: Messungen entscheiden, was wir denken dürfen
- 4.11 Der Casimireffekt: leerer als leer
Das Vakuum ist eine Substanz, die aus virtuellen Fermionen und Bosonen besteht. Schränkt man das vorhandene Volumen ein, können sich nicht mehr alle Zustände ausbilden und die Leere des Raumes verstärkt sich.
- 4.12 EPR Experimente: Tests der Nichtlokalität
- 4.13 Das Quantenradiergummi
- 4.14 Ist das Interpretationsproblem der Quantenmechanik gelöst?

Arbeitszeit incl. Pause: 3 Zeitstunden

Themenbereich 5: Von der Quantenwelt zur sichtbaren Welt

Bearbeitung einer Aufgabe zum vierten Themenbereich in neuer gemischter Gruppenzusammensetzung!

Welche Erkenntnisse der Quantenwelt werden unser Leben in der Zukunft in Alltag und Technik bestimmen?

Schwerpunktthemen:

- 5.1 Bohrs Philosophie: Das Korrespondenzprinzip
- 5.2 Das Prinzip der Dekohärenz
Vor 20 Jahren ist die Bedeutung von Wechselwirkungen für die Zerstörung interferenzfähiger, kohärenter, Zustände erkannt worden. Damit bietet sich eine Möglichkeit an, die Entstehung klassischer Strukturen mit Hilfe der Quantenmechanik beschreiben zu können.
- 5.3 Nichts geht mehr: Der Quanten – Zeno – Effekt
Eine ständige Folge von Messungen verhindert, dass ein Quantensystem seinen Zustand ändert. Lassen sich so stabile klassische Zustände erklären?
- 5.4 Das Märchen vom klassischen Grenzfall
- 5.5 Der Kollaps der Wellenfunktion: Erzeugung klassischer Zustände?
Beim Übergang eines quantenmechanischen zu einem klassischen Zustand kollabiert die Wellenfunktion. Drückt das nur unsere neue Kenntnis über das Messergebnis aus oder steckt ein physikalischer Prozess dahinter?
- 5.6 Die Umgebung tötet Schrödingers Katze
Ein Überlagerungszustand aus tot und lebendig kann nicht existieren. Damit wollte Schrödinger den Unsinn der quantenmechanischen Beschreibung zeigen. Heute wissen wir, dass das System (die Katze) selbst für einen der beiden klassischen Zustände sorgt: Nur tote Katzen könnten leben und lebende Katzen können sterben.
- 5.7 Frag nie nach dem Weg! Wege als emergente Eigenschaften
- 5.8 Realität und Wirklichkeit: Die klassische Welt ist konstruiert!
Vergeblich hat man versucht die quantenmechanische Welt durch klassische Physik zu erklären. Heute wissen wir, dass die uns erfahrbare klassische Welt ein Konstrukt der Wechselwirkung von Quanten ist.
- 5.9 Bosonen und Fermionen als Bausteine der Welt

Bosonen haben den Spin 0 oder 1, Fermionen einen halbzahligen Spin. Deswegen gilt für Fermionen das Pauli-Prinzip und sie können komplexere Strukturen bilden. Letztlich aber steckt nur die Ununterscheidbarkeit gleichartiger Quanten dahinter. Welche verschiedenen Arten von Fermionen und Bosonen gibt es und wie werden sie durch das Standardmodell der Elementarteilchenphysik beschrieben?

- 5.10 Sind Quantenfluktuationen die Keime der Strukturbildung im Kosmos?
Die Inflation des Kosmos hat wahrscheinlich zufällige Quantenfluktuationen auf makroskopische Größe ausgedehnt. Diese Strukturen beobachten wir als Fluktuationen der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung. Sind daraus die heutigen Strukturen (Galaxienhaufen) entstanden?

Arbeitszeit incl. Pausen: 3 Zeitstunden

Themenbereich 6: Philosophische, historische und gesellschaftliche Aspekte der Quantenmechanik

Bearbeitung einer Aufgabe zum fünften Themenbereich in neuer gemischter Gruppenzusammensetzung!

Es werde klassisch! Aber wie??

Schwerpunktt Themen:

- 6.1 Das Streitgespräch Einstein-Bohr zur Deutungsproblematik
Immer wieder hat Einstein versucht Bohrs Vorstellung zu widerlegen. Dadurch ist es Einstein gelungen, Bohr zu einer halbwegs konsistenten und plausiblen Interpretation zu treiben, der Kopenhagener Deutung.
- 6.2 Experimentelle Philosophie: Die Natur entscheidet was wir denken dürfen
Die Gedanken sind frei? Nicht mehr, denn philosophische Vorstellungen lassen sich naturwissenschaftlich widerlegen. Was halten Philosophen von dieser experimentellen Philosophie?
- 6.3 Quantenmechanischer Zufall als Rettung für den freien Willen?
Das System Mensch folgt streng determinierten Naturgesetzen. Aber da unser Verhalten so komplex ist und unser Bewusstsein vom Gehirn generiert ist, meinen wir einen freien Willen zu haben. Die Illusion eines freien Willens erfordert aber eine determinierte Umgebung und kann deswegen nicht mit dem quantenmechanischen Zufall in Verbindung gebracht werden.
- 6.4 Die Foreman - Thesen: Der Einfluss der Weimarer Republik auf die Entstehung der Quantenmechanik
- 6.5 Schrödinger: Ist die Naturwissenschaft milieubedingt?
- 6.6 Wissenschaft als Kulturprodukt: Die Thesen von Kuhn, Lakatos und Feyeraabendt
- 6.7 Das Einstein –Podolski – Rosen Paradoxon aus philosophischer Sicht
- 6.8 Historische Entwicklung der Quantenvorstellung: Von Planck zur Quanteninformation
- 6.9 Ausschluss von Individualität und Kausalität?
Individualität gibt es in der Quantenwelt nicht. Quanten sind ununterscheidbar. Quanten unterliegen auch nicht dem Kausalitätsprinzip. Individualität und Kausalität entstehen erst als emergente Eigenschaften der Quantenwechselwirkungen in einer makroskopischen Welt.
- 6.10 Ist die Welt noch determiniert?
Die makroskopische Welt muss determinierten Gesetzen folgen, sonst wäre eine

Existenz von Leben in ihr nicht möglich. Aber Quantenprozesse unterliegen dem echten Zufall (das Ziehen der Lottозahlen ist determiniert!). Wie passt das zusammen?

- 6.11 Quantenmechanik in der Schule: Wer entstaubt die Lehrpläne?
 6.12 Die Quantenmechanik als Herausforderung für die Philosophen

Arbeitszeit incl. Pausen: 3 Zeitstunden

Abschlussplenum: Was ich nicht verstanden habe und was ich jetzt trotzdem erklären kann

Dauer: 1 Stunde

5. Frischer Wind für die Workshops

Für das Jahr 2007 wird die Lokalisation des Workshops geändert. Es geht mit ca. 40 Personen auf ein altes Drei-Masten-Segelboot. Die Teilnehmer sind die Mannschaft, sie müssen unter Anleitung des Kapitäns Segel setzen und steuern.

Das Thema des Workshops ist der Unterkunft angebracht: Es geht um Navigation.

Die klassischen astronomischen Navigationsmethoden und die Bedeutung der Zeitmessung für die Längenbestimmung werden erarbeitet. Aber auch das moderne GPS-System soll sowohl von der geometrischen Seite her als auch über die relativistischen Korrekturen verstanden werden. Natürlich interessieren auch Kinematik und Dynamik des Segelns, insbesondere beim Segeln gegen den Wind. Am Nachmittag werden vereinzelt Institute und Forschungseinrichtungen im Küstenbereich angelaufen und besucht.

6. „Hilf mir es selbst zu tun!“

Die Workshops sind die konsequente Fortführung der Arbeitsmethode des PhysikClubs (siehe Bericht in Heft 12/05 von Spektrum der Wissenschaft). Der Wissenstransfer erfolgt durch Konstruktionsprozesse innerhalb einer Gruppe.

Dazu gibt es einen motivierenden Einstieg (Vortrag oder Selbsterfahrung wie beim Workshop über die Zeit) und dann offen formulierte Aufgabenstellungen. Das Material, welches notwendige Informationen enthält, wird zur Verfügung gestellt, aber nicht vorgetragen oder erläutert.

Die Gruppen besprechen eigenständig ihr Vorgehen, entwickeln Ziele und Schwerpunkte zur Aufgabenstellungen und organisieren den Informationsinput.

Die konstruktivistische Lehr-Lerntheorie zeigt, dass durch Gespräche und Dispute der Lernenden untereinander und mit einem Lernberater (hier der Moderator des Workshops) eine vertiefte und nachhaltige Beschäftigung mit den Inhalten erfolgt. Nur in wenigen Fällen müssen die Gruppen darauf hingewiesen werden, dass die Informationen nicht in individueller Stillarbeit aufgenommen werden sollen, sondern möglichst sofort und während des direkten Inputs in Gesprächen hinterfragt und besprochen werden sollen.

Eine Absicherung des Wissens geschieht durch die Thesenformulierung für die Pinwand und die anschließende Erörterung in einer neuen Gruppe, deren Mitglieder zum Thema andere Informationen erarbeitet haben oder ganz traditionell in einer Plenumsveranstaltung. Ganz wesentliche Aspekte werden dann in einem kurzen abschließenden Plenum noch einmal herausgestellt.

Der Moderator steht in Fachfragen zur Verfügung, gibt Anregungen und hält sich ansonsten zurück (da ein Moderator für 8 Gruppen zuständig ist, funktioniert diese Zurückhaltung zwangsläufig). Zur Eigenständigkeit der Gruppen gehört untrennbar auch die

Eigenverantwortung für die Gestaltung des gruppeninternen Lernprozesses. Das Loslassen des „Lehrers“ führt zum Festbeißen der „Schüler“ an den physikalischen Fragestellungen. Bewusst sind im letzten Satz die schulischen Attribute Lehrer und Schüler benutzt worden. Die eigenständige Konstruktion von Wissen in kleinen Lernteams sollte eigentlich nicht mehr die Ausnahme sondern Alltag in unseren Schulen sein. Aber bis dahin bedarf es mehr als eines Quantensprungs.....

7. Literatur zu den Workshops

Für die beiden Workshops über Zeit und Quantenmechanik haben sich viele in Spektrum der Wissenschaft erschienene Artikel als ideal für den Informationsinput gezeigt.

Zu den angesprochenen Themen findet man auch gute, für begabte Jugendliche geeignete, Abschnitte in den folgenden Büchern:

Silvia Arroyo Camejo: Skurille Quantenwelt, Springer, 2006

Jürgen Audretsch: Verschränkte Quanten, Wiley-VCH, 2002

Tony Hey, Patrick Walters: Das Quantenuniversum, Spektrum Akademischer Verlag, 1998

Brian Greene: Das elegante Universum, Siedler Verlag Berlin, 2000

Markus Pössel: Das Einstein Fenster, Hoffmann und Campe, 2005

Paul A. Tipler, Gene Mosca: Physik , Spektrum Akademischer Verlag, 2004

Impressum

Die KORONA wird herausgegeben vom Astronomischen Arbeitskreis Kassel e.V. (AAK) und kostenlos an die Mitglieder und befreundete Vereine im Austausch mit deren Mitteilungen verteilt.

Redaktion: alle Autoren

Zusammenstellung: Christian Hendrich

Druck: Druckerei Bräuning & Rudert OHG, Espenau

Auflage: 290

Redaktionsschluß dieser Ausgabe: 11.08.2006

Redaktionsschluß der kommenden Ausgabe: 24.12.2006

Die Artikel können an den Vereinsabenden in der Albert-Schweitzer-Schule abgegeben oder an Christian Hendrich, Kölnische Straße 52, 34117 Kassel, Tel. 0178-7772666 gesendet werden. Es werden nur Dokumente in elektronischer Form unterstützt, die entweder per e-Mail an: korona@astronomie-kassel.de oder CD-Rom an obige Anschrift gesandt werden. Als Dateiformate werden Richtext (.rtf), MS Word (.doc), Staroffice (.sdw) sowie Openoffice unterstützt. Als Seitenformat muß DIN A5 und als Schriftgröße 9 Punkt gewählt werden. Abbildungen sollten idealerweise mit 300 dpi eingescannt werden, alle gängigen Bild-Dateiformate (mit ausreichender Qualität) werden akzeptiert.

Beobachtungshinweise*

Christian Hendrich

1.9.06 2.9.06	6 Uhr	Merkur in oberer Konjunktion 3 Juno in Konjunktion mit der Sonne	8.11.06 23 Uhr		Merkur in unterer Konjunktion mit der Sonne, Merkurdurchgang un beobachtbar von Mitteleuropa
5.9.06	12 Uhr	Pluto im Stillstand, danach rechtläufig	13.11.06 2 Uhr	13.11.06 23 Uhr	Mond 1,1° nördlich von Saturn Merkur im Perihel (Sonnennähe, Abstand Sonne-Merkur 0,3 AE)
5.9.06 6.9.06	21 Uhr 19 Uhr	Uranus in Opposition zur Sonne Venus im Perihel (Sonnennähe, Abstand 107 Mio. km)	12.11.06	14.11.06	nördliche Tauriden Maximum (sichtbar 25.09 - 25.11. mit ZHR=5-10 und V=30km/s)
7.9.06 8.9.06	20 Uhr	Partielle Mondfinsternis, sichtbar von Mitteleuropa aus Delta-Aurigiden Maximum (5. Sept. - 10. Okt. mit ZHR=6 (schwach), V=60km/s (schnell))	17.11.06 20 Uhr	18.11.06 3 Uhr	7 Iris in Opposition zur Sonne im Widder nahe Stier Merkur im Stillstand, danach rechtläufig
11.9.06		4 Juno in Konjunktion mit der Sonne	18.11.06 3 Uhr	20.11.06 15 Uhr	Leoniden Maximum (sichtbar 14.-21.11. mit ZHR=10-50+ (mittel) und V=70km/s (schnell)) Uranus im Stillstand, danach rechtläufig
19.9.06 20.9.06	4 Uhr	Mond 1,8° nördlich von Saturn Pisciden Maximum (sichtbar 1.-30.09., 5<ZHR<10 (schwach), V=25km/s (langsam))	22.11.06 0 Uhr	25.11.06 14 Uhr	Jupiter in Konjunktion Merkur in größter westlicher Elongation (19,9°)
21.9.06 22.9.06	6 Uhr 13 Uhr	Mond 3,6° südlich von Venus Ringförmige Sonnenfinsternis, nicht von Europa sichtbar	28.11.06 18 Uhr	6.12.06 21 Uhr	Mond 1,3° südlich von Uranus Saturn im Stillstand, danach rückläufig
23.9.06	5:03 Uhr	Sonne im Herbstpunkt, Tagundnachtgleiche	10.12.06 7 Uhr	12.12.06 7 Uhr	Merkur 1° nördlich von Mars Merkur 0,6° nördlich von Jupiter Mond 3,1° nördlich von Saturn
30.9.06	23 Uhr	Merkur im Aphel (Sonnenferne, Abstand 0,468 AE)	14.12.06	18.12.06 16 Uhr	Mars 0,8° südlich von Jupiter Geminiden Maximum (sichtbar 7.-17.12. mit ZHR=120 (stark) und V=35km/s (langsam))
5.10.06 7.-11.10.06	2 Uhr	Mond 1,1° südlich von Uranus Delta-Draconiden sichtbar (variable Stärke, langsam)	18.12.06 16 Uhr	19.12.06	Pluto in Konjunktion Coma Bereniciden Maximum (15.12.-15.1., ZHR=5-10 (schwach), V=65km/s (schnell))
16.10.06 17.10.06	6 Uhr 5 Uhr	Mond 5,3° nördlich von Saturn Merkur in größter östlicher Elongation (24,8°)	22.12.06 1:22 Uhr	22.12.06 24 Uhr	Wintersonnenwende, kürzester Tag des Jahres, Winteranfang Ursiden Maximum (17.-26.12. mit ZHR=10-20+, V=35km/s)
21.10.06		Orioniden Maximum (sichtbar 2. Okt. - 7. Nov. mit 20<ZHR<30 (mittel) und V=60km/s (schnell))	25.12.06 21 Uhr	27.12.06 22 Uhr	Mond 1,6° südlich von Uranus Venus im Aphel (Sonnenferne, Abstand 0,729 AE) Merkur im Aphel (Sonnenferne, Abstand 0,467 AE)
23.10.06 27.10.06 29.10.06	7 Uhr 18 Uhr 1 Uhr	Mars in Konjunktion mit Sonne Venus in oberer Konjunktion Merkur im Stillstand, danach rückläufig	29.10.06	29.10.06 8 Uhr	
29.10.06		3 Uhr MESZ = 2 Uhr MEZ Rückkehr zur MEZ	5./6.11.06		
29.10.06	8 Uhr	Neptun im Stillstand, danach rechtläufig			
5./6.11.06		südliche Tauriden Maximum (sichtbar 25.09.- 25.11. mit ZHR=5-10 und V=30km/s)			

* alle Uhrzeiten in MEZ

Quellen: <http://me.in-berlin.de/~jd/himmel> • H.-U. Keller (Hrsg.): Das Kosmos Himmelsjahr, Franck-Kosmos-Verlag • Ron Baalke (Hrsg.): Space Calendar, NASA/JPL, <http://www.jpl.nasa.gov/calendar/> • Fred Espenak (Hrsg.), "Twelve Year Planetary Ephemeris (TYPE)", NASA/GSFC, <http://lep694.gsfc.nasa.gov/code693/TYPE/TYPE.html>

Pressespiegel

Friedrich Baum

Kosmische Heimat

Gäbe es einen kosmischen Baedeker für intergalaktische Reisen, hieße es unter dem Stichwort „Milchstraße“: Diese Galaxis gehört zum Typ der Spiralgalaxie. Sie beherbergt etwa 300 Milliarden Sonnen und interstellare Materie, die nochmals 600 Millionen bis einige Milliarden Sonnenmassen ausmacht. Der Durchmesser beträgt in der Ebene rund 100 000 Lichtjahre (1 Lichtjahr = 9,5 Billionen Kilometer), die Scheibendicke etwa 3000 Lichtjahre, und die Dicke der zentralen Ausbuchtung beläuft sich auf zirka 16 000 Lichtjahre. Soweit einige nüchterne Fakten. Noch vor gut einem Jahrhundert wußten Astronomen so gut wie nichts über die Struktur, Größe und Gestalt unseres Heimat-Sternsystems. Die meisten Erkenntnisse wurden gar erst in den vergangenen 15 Jahren gewonnen. Fernrohre wie das Hubble Space Telescope, das Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte in Chile und die SpezialSatelliten Rosat, Iras oder Cobe haben Detailinformationen über die Milchstraße und außergalaktischen Systeme wie nie zuvor beschert. Nicht zuletzt erlaubt der Einsatz von Großcomputern,-Milliarden Jahre dauernde Vorgänge in und zwischen den Galaxien zu simulieren. Obwohl die Möglichkeit, unsere Galaxis aus der Ferne zu überblicken, buchstäblich in den Sternen steht, sind Astronomen doch in der Lage, Natur, Struktur und Entwicklung unserer Heimatgalaxis recht genau beschreiben zu können einschließlich der Stellung unseres Sonnensystems. „Es gibt noch gewisse Unsicherheiten, zum Beispiel was die Gesamtmasse betrifft“, beschreibt Volker Springel vom Max-Planck-Institut für Astrophysik Garching den augenblicklichen Kenntnisstand. „Das liegt daran, daß man die Masse der dunklen Materie nicht genau bestimmen kann. Das wird sich aber in nächster Zeit verbessern. Insgesamt wird man, was die Kenngrößen der Milchstraße angeht, keine wesentlichen Veränderungen erwarten können.“ Was also würden intergalaktische Touristen erwarten, die sich der Milchstraße nähern? Als erstes träfen sie auf den kugelförmigen galaktischen „Halo“ - eine Art galaktischer „Atmosphäre“ mit einem Durchmesser von rund 165000 Lichtjahren. Der Halo umgibt die eigentliche Galaxie wie eine breite Schale. Das ist auch das Reich der etwa 150 Kugelsternhaufen. Daneben gibt es Gas von sehr geringer Dichte und viele alte Sterne, darunter „Veränderliche“. Ihr Wasserstoffvorrat ist aufgebraucht, sie treten in einen neuen Verbrennungszyklus ein. Hinzu kommen große Mengen Dunkler Materie. Sie kann, da sie nicht leuchtet, nicht direkt beobachtet werden. Durch ihren Einfluß auf die Galaxienbewegung schätzen Astronomen sie auf etwa eine Billion Sonnenmassen. Im Gegensatz zur galaktischen Scheibe ist der Halo weitgehend staubfrei und enthält fast ausschließlich ältere und leichte, metallarme Sterne. Der größte Teil der Sterne ist jedoch annähernd gleichmäßig auf die galaktische Scheibe verteilt. Im Gegensatz zum Halo bestimmen hier vor allem Sterne mit einem hohen Anteil schwerer, metallischer Elemente das Bild. Die Scheibe gliedert sich hauptsächlich in die für unsere Milchstraße charakteristischen sechs Spiralarme. In diesen Regionen befinden sich enorme Ansammlungen von Wasserstoff. Dies sind die Sternentstehungsgebiete der Galaxis, weshalb sich dort auch viele junge Sterne befinden. Neben den hellen jungen Sternen gibt es rötlich leuchtende Gas- und Staubnebel sowie dichte, dunkle Wolken aus kalten Gasen. Unsere Sonne liegt etwa 15 Lichtjahre nördlich der Mittelebene der galaktischen Scheibe innerhalb des Orion-Arms, in einem weitgehend staubfreien Raumgebiet, das als „Lokale Blase“ bekannt ist. Sie umkreist das galaktische Zentrum in einem Abstand von etwa 26 000 Lichtjahren mit einer

Geschwindigkeit von 220 Kilometer pro Sekunde. Eine Umrundung dauert 220 bis 240 Millionen Jahre. Das im Sternbild Schütze gelegene Milchstraßenzentrum galt bis vor kurzem als „regio incognita“, da riesige Staub- und Gaswolken, den Blick ins Innere für optische Teleskope verhinderten. Doch Radio-, Infrarot- und Röntgenteleskope lüfteten den Schleier. In seiner innersten, 100 Lichtjahre großen Region herrschen 1000 mal stärkere Magnetfelder als in anderen Teilen der Galaxis. Diese Region bildet eine ausgedehnte kaminartige Gaswolke. Das innerste, zehn Lichtjahre große Zentralgebiet der Galaxis ist die sogenannte Sagittarius A*-Region mit einem Superschweren Schwarzen Loch, das 2,5 bis drei Millionen Sonnenmassen vereint. Solche Objekte werden für die hellsten Phänomene im Universum verantwortlich gemacht, die sogenannten Quasare: Punktquellen, die hell wie 100 Milliarden Sterne scheinen und eine ganze Galaxie überstrahlen. Helles Leuchten eines Schwarzen Lochs? Das scheint paradox, doch das Strahlen stammt nicht vom Schwarzen Loch selbst - aus dem tatsächlich kein Licht nach außen dringen kann -, sondern von Gasen und Sternen, die beim Sturz ins Massezentrum wie in einem letzten Schrei helles Böntgenlicht aussenden. Im Prinzip könnte das Schwarze Loch im Zentrum unserer Galaxis genauso hell scheinen, allerdings nur dann, wenn es sehr viel Material von außen aufsaugen könnte. Aber das Schwarze Loch unserer Milchstraße tut das nicht. „Einer der Gründe könnte sein, daß es zu wenig Materie im Zentrum gibt und die dortigen Sterne das Zentrum auf recht stabilen Bahnen umlaufen“, vermutet Volker Springel. „Salopp gesagt: Das Schwarze Loch frißt nicht, weil es nichts zu fressen hat. Dieser Ruhezustand könnte sich ändern, wenn irgendein Prozeß die Materie ins Zentrum hineintreibt.“ Zu den offenen Fragen zählt, wann genau die Milchstraße in ihrer heutigen Gestalt entstanden ist und was die Spiralarme erzeugt hat. Die Vorstellung ist, daß es vom Kleinen zum Großen ging - in dem Sinne, daß sich im Universum zunächst kleinere Galaxien gebildet haben und die kleineren Galaxien sich mit der Zeit zu immer größeren Galaxien vereinigten, weil die Gravitationskraft die Galaxien untereinander anzieht“, erklärt Springel. Bottom-up-Szenario nennen das die Astronomen. Auch unsere Milchstraße sei nicht in einem Guß aus einer großen Wolke entstanden, die irgendwie kollabiert sei. „Vielmehr gab es viele kleine Wolken, die zunächst kleinere Galaxien bildeten. Diese Kleingalaxien bauten sich durch die gegenseitige Schwerkraft zu größeren Objekten auf.“ Die Galaxienentstehung ist auch heute noch nicht beendet, vereinigen sich doch Galaxien weiterhin zu immer größeren Objekten. Das geht nicht ohne Kollisionen. Für unsere Galaxis steht der nächste Crashtpartner schon fest: der Andromeda-Nebel, den wir als einzelnes Lichtwölkchen sehen können. Wenn beide Sternsysteme in einigen Milliarden Jahren aufeinander treffen, wird aus zwei Spiralgalaxien eine elliptische. Das Schwarze Loch im Zentrum wird stark wachsen, und ein Quasar entsteht: mit hellem Strahlen durch ins Zentrum stürzende Massen. Dann wird es noch einmal zu einem großen Feuerwerk: Sternentstehung kommen „Doch die elliptische Supergalaxis wird sehr schnell altern denn es werden dann keine jungen Sterne mehr nachkommen Denn während der Kollision wird auch das meiste Gas, das noch vorhanden ist verbraucht.“ Dann, so der Astrophysiker, ist nur sehr wenig diffuses Gas übrig, aus dem erneut Sterne entstehen könnten. Die Bevölkerungspyramide der zukünftigen umgewandelten Milchstraße wird eine ähnliche Entwicklung nehmen wie die der Bundesrepublik - sie wird auf den Kopf gestellt. Einer kleinen Zahl von Jungen (Sternen) wird eine große Zahl von Alten (Sternen) gegenüber stehen - und das in einem Universum, das sich immer weiter und schneller ausdehnt, wo sich die Galaxien immer weiter entfernen, es immer dunkler wird „Damit dürfte dann die Astronomie in ferner Zukunft eine ziemlich langweilige, eintönige Angelegenheit werden.“

Vorträge und Veranstaltungen

September bis Dezember 2006

Alle Veranstaltungen finden, wenn nicht anders angegeben, in der Albert-Schweitzer-Schule, Kassel im Neubau (Eingang Parkstr.) statt. Aktuelle Termine und Programmänderungen finden Sie auf unserer Internetseite: <http://www.astronomie-kassel.de>

Fr, 1.9., 18.00 Uhr Filmabend und Jahreshauptversammlung

Atmosphärenforschung auf dem Jungfraujoch

Referent: K.-P. Haupt

Top of Europe, in einer Höhe von fast 3600 m befindet sich das Sphinx Observatorium, von dem aus die Hochatmosphäre überwacht und erforscht wird. Der Film zeigt die Experimente aber auch die atemraubende Berglandschaft der Jungfrauregion.

18.45 Uhr Mitgliederversammlung

Fr, 8.9., 18.00 Uhr Vortrag

Licht kann klassisch sein, wenn es nicht gequetscht wird

Referent: K.-P. Haupt

Was ist eigentlich Licht, Welle oder Teilchen? Keins von beiden, sondern eine Quantenerscheinung. Quantenobjekte können wir uns selten mit alltäglichen Vorstellungen veranschaulichen, Licht schlägt aber hier alle Rekorde. Der Vortrag berichtet von kilometergroßen Photonen und gequetschten Photonen. Und selbst das normale Licht einer Glühlampe gibt immer neue Rätsel auf: Photonen kommen hier selten allein und scheinen auf geheimnisvolle Weise aneinander zu kleben.

Fr, 15. 9., 18.00 Uhr Vortrag

Menschliche und nichtmenschliche Bewusstseinsformen

Referent: K.-P. Haupt

In Neurologie und Philosophie lebt die uralte Diskussion über das Bewusstsein wieder auf. Diesmal aber können Philosophen nicht mehr ungeachtet empirischer Erkenntnisse vorgehen. Die Neurologie schränkt mögliche Deutungen des Bewusstseins ein und zwingt Philosophen zu einer anderen Arbeits- und Denkform. Was ist dieses „Ich“, von dem Metzinger immer noch behauptet, es sei eine Illusion, die Niemandes Illusion ist? Und kann Selbstbewusstsein nur durch neuronale Prozesse entstehen? Der Vortrag gibt überraschende Antworten.

Sa, 16.9., 15.00 Uhr bis 24.00 Uhr Sternwarte Calden

Tag der Astronomie

Sonnenbeobachtungen, Führungen durch die Sternwarte, Filme, Sternbeobachtungen

Fr, 22.9., 18.00 Uhr Vortrag

Der freie Wille ist eine Illusion: Warum Eltern trotzdem für ihre Kinder haften

Referent: K.-P. Haupt

Wir können uns kaum an den Gedanken gewöhnen, dass das Verhalten der Menschen determiniert ist und wir keinen freien Willen haben. Der Vortrag zeigt unterschiedliche Positionen der Neurologen und Philosophen Singer, Roth und Pauen, und macht deutlich, dass viele der Diskussionen nur deshalb entstehen, weil Fehler im Verwenden von Begriffen gemacht werden. Das Fazit bleibt aber: Unser Ich besitzt keinen freien Willen!

Fr, 29.9., 18.00 Uhr Vortrag

Bestimmung der Positionen der Marsbahn durch Brahe und Kepler

Referent: W. Heidrich

Anhand alter Dokumente und Reprints kann gezeigt werden, welche Messgeräte und Auswertungsmethoden zu Zeiten Brahes und Keplers bereits genutzt worden sind, um Elemente einer Planetenbahn zu bestimmen. Einige einfach nachvollziehbare Beispiele von dazu nötigen Berechnungen sollen veranschaulichen helfen, wie die gewonnenen Messergebnisse zur Positionsbestimmung verwendet wurden. Es sollen aber auch Zusammenhänge aus den dargestellten Untersuchungen der beiden Astronomen angesprochen werden, die aus heutiger Sicht widersprüchlich zu sein scheinen.

Fr, 6.10., 18.00 Uhr Vortrag

Natur und Kultur in Mittelamerika

Referent: Prof. Dr. R. Hedewig

Die Landbrücke zwischen Nord- und Südamerika entstand durch Vulkanismus, der auf Plattentektonik zurückgeht. Von Norden einwandernde Indianerstämme besiedelten das Land und die Inseln und entwickelten Hochkulturen, von denen besonders die der Mayas durch ihre großen Bauten beeindruckten. Von 1492 an drangen Spanier in diese Gebiete ein, machten sie zu Kolonien und dezimierten die einheimische Bevölkerung. Der Referent besuchte im Februar/März 2006 neun Länder Mittelamerikas und der karibischen Inseln und zeigt mit Dias Landschaften von den Halbwüsten bis zum tropischen Regenwald mit typischen Pflanzen und Tieren, Bauten der Mayas, Spanier und Holländer sowie den Panamakanal und das Leben der multikulturellen Bevölkerung und geht auf die wirtschaftliche und politische Situation dieser Länder ein.

Fr, 13.10., 18.00 Uhr Vortrag

Neuigkeiten vom Klimawandel - Die Verantwortung des Menschen in Frage gestellt!

Referent: Dr. M. Vaupel, Göttingen

Neuere Messungen an Eisbohrkernen belegen einen um 800 ± 200 Jahre zeitverzögerten Anstieg der CO_2 Konzentration in der Atmosphäre nach dem Ende einer Eiszeit, d.h. nach dem Temperaturanstieg vor 240000 Jahren. Der Temperaturanstieg ist daher nicht von dem CO_2 Anstieg verursacht, so wie es die gängige, aber bis heute nicht bewiesene Hypothese der meisten Klimaforscher ist. Vielmehr steigt der CO_2 Gehalt der Atmosphäre wegen des Temperaturanstiegs. Die Wolkenbildung hervorgerufen durch kosmische Strahlung regelt die Temperatur auf der Erde.

Fr, 20.10., 18.00 Uhr Vortrag

Beugung und Brechung von Licht in der Atmosphäre

Referent: K.-P. Haupt

Regenbögen, Halos, Nebensonnen und Glorien sind nicht immer alltägliche aber seit langem bekannte Erscheinungen der Erdatmosphäre. Erst seit relativ kurzer Zeit versteht man die zugrunde liegenden Prozesse.

Fr, 27.10., 18.00 Uhr Vortrag

Fordern und Fördern im PhysikClub

Referent: K.-P. Haupt

Im PhysikClub der Kinder- und Jugendakademie an der Albert-Schweitzer-Schule, der für den NatWorking Preis 2006 der Robert Bosch Stiftung nominiert wurde, arbeiten bis zu 50 Jugendliche aus Nordhessen an anspruchsvollen Forschungsprojekten und räumen dabei bundesweit Preise und Sponsorengelder ab. Auf welchem Prinzip basiert diese Arbeit? Der Vortrag zeigt dies an didaktisch-methodischen Aspekten und einigen Projekten auf.

Fr, 3.11. bis Fr, 15.12. jeweils um 18.00 Uhr Kurs

Einführung in die Kosmologie

Referent: K.-P. Haupt

In den letzten 10 Jahren hat sich unsere Vorstellung vom Kosmos dramatisch verändert. Wir beobachten die Entstehung der ersten Galaxien und Sterne in der Frühzeit des Kosmos, deren Licht durch die Expansion so stark rotverschoben ist, dass spezielle riesige Infrarotteleskope einwickelt und gebaut werden mussten. Wir erkennen die Anlage der Strukturbildung unseres Universums im heißen Plasma des Urknalls, aber je weiter wir in die Vergangenheit und in die Tiefe des Raumes sehen, desto weniger des Kosmos erkennen wir. Nur ein winziger Bruchteil des kosmischen Substanz lässt sich in Form von Sternen und Galaxien beobachten.

Der Kurs soll die grundlegende Theorie (das Standardmodell) der Strukturbildung und der Entwicklung des Universums vermitteln, dabei auch auf die Zusammenhänge zwischen Raum-Zeit-Struktur, Expansion und Entfernung eingehen und viele der in populären Büchern gemachten Fehler und oberflächlichen Darstellungen korrigieren.

Es werden aber auch die Grenzfragen unserer Existenz angesprochen, Fragen nach dem Ursprung, dem Entstehungsmoment und der Sinnggebung des Kosmos.

Der Kurs gliedert sich in folgende Themen:

1) Die Expansion des Kosmos

Beschreibung der Expansion, Dynamik der Expansion, Konsequenzen eines expandierenden Universums

2) Der junge Kosmos bei hoher Rotverschiebung

Beobachtungen mit dem Hubble Space Teleskop und durch Gravitationslinsen hindurch, Starbursterscheinungen, erste Sterne und Galaxien, Entwicklung von Galaxien

3) Die heiÙe Geschichte vom Anfang

Der strahlungsdominierte Kosmos, Entkopplungen und Vernichtungen, primordiale Nukleosynthese (Entstehung der ersten Elemente), die letzten Momente der Photonenstreuung, Warum die Neutrinos kälter sind

4) Beobachtungen zur Kosmologie

- a) Hubble Konstante, Beschleunigung und Dichteparameter
- b) Galaxienhaufen und Supernova zeigen beschleunigte Expansion an
- c) Kosmische Hintergrundstrahlung: Der schwarze Himmel und die rote Grenze, Beobachtungsverfahren, Analyse der Strukturen des Hintergrundes, Entwicklung der Dichtefluktuationen

5) Inflation: Exponentielles Aufblähen erzeugt Strukturen

Probleme des Standardmodells, Entstehung aus dem Nichts, falsches und echtes Vakuum, Higgs-Felder, Entstehung der Dichtefluktuationen

6) Ausstehende Probleme

Dunkle Materie, Dunkle Energie, Materie-Antimaterie-Verhältnis, der Zeitpunkt $t = 0$, Feinabstimmung der Naturkonstanten

Fr, 22.12, 18.00 Uhr Gemütliches Zusammensein
Adventstee

Fr, 12.01.07, 18.30 Uhr Mitgliederversammlung

Planetariumsprogramme des AAK

Planetarium im Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Orangerie, An der Karlsau 20c, 34121 Kassel, Tel.: 0561 - 31680500

Eine Reise unter dem Sternenhimmel

Dieses Programm ist als Familienprogramm besonders für Kinder unter 13 Jahren geeignet. Es werden der jeweils aktuelle Sternenhimmel und einfache Vorstellungen von den Himmelsobjekten dargestellt.

(Jeweils sonntags um 15.00 Uhr)

Eine Reise um die Erde in 60 Minuten

Ein Familienprogramm, das den aktuellen Sternenhimmel nicht nur in Kassel zeigt...

(Jeweils sonntags um 16.00 Uhr)

Vorführer: Heiko Engelke, Florian Grundmann, Mike Vogt, Michael Schreiber, Stefan Hohmann

Vorträge unter dem Sternenhimmel:

Monatsthema September: Was ist das Besondere des 23.9.?

Monatsthema Oktober: Wir sind nicht von dieser Welt

Monatsthema November: Neutrinomessungen am Südpol der Erde

Monatsthema Dezember: Sind Kometen Boten des Lebens?

Monatsthema Januar: Die Zukunft unserer Sonne

Monatsthema Februar: Warum der Mond eine dicke Beule hat und sich klammheimlich aus dem Staub macht....

Jeden Donnerstags um 19.00 Uhr (Oktober – März) bzw. 20.00 Uhr (April – September)

Referent: K.-P. Haupt

Physikclub

Die Kinder- und Jugendakademie und die Albert-Schweitzer-Schule veranstalten unter Leitung von K.-P. Haupt für besonders begabte und interessierte Jugendliche ab Klasse 9 einen Physikclub. Treffen ist jeden Freitag von 15.30 Uhr bis 17.30 Uhr. Die Teilnehmergruppe plant Vorträge, Exkursionen, Experimente, Diskussionen zu physikalischen Themen. Neben der Durchführung von Jugend forscht Projekten laufen die folgenden Projekte:

- Simulation eines Kometenkerns
- Eine Mini-Sonne aus Schall: Sonolumineszenz
- Unterwasserantrieb mit Gedächtnismetallen
- Klimaforschung
- Weitere 30 Forschungsprojekte aus den Gebieten Licht, Quantentheorie und Astronomie, u.a. Farben und Spektren von Sternen, Der dunkle Rand der Sonne, Galaxienhaufen, Kosmologie
- Betreuung von physikalisch orientierten Jahresarbeiten

Jeden Freitag ab 15.30 Uhr ASS Neubau Raum N102

Für besonders interessierte und besonders begabte Schüler/innen ab Klasse 9

Neueinstieg nach Absprache möglich!

Leitung: K.-P. Haupt

Einführung in die Astronomie

Unser Mitglied Dr. Rüdiger Seemann veranstaltet für die Volkshochschule Kassel einen Astronomiekurs für Anfänger, der jeweils am Montagabend in der Albert-Schweitzer-Schule stattfindet. Anmeldung über die Volkshochschule.

Bibliothek

Jedes Mitglied kann sich kostenlos vor und nach den freitäglichen Veranstaltungen Bücher ausleihen.

Sternwarte Calden

Öffentliche Führungen: Jeden Freitag bei wolkenfreiem Himmel nach Einbruch der Dunkelheit, jedoch nicht vor 20:30 Uhr. Gruppen auch an anderen Tagen nach Voranmeldung unter Telefon: 0561-311116 oder 0177-2486810.
Bitte achten Sie auch auf aktuelle Pressehinweise.

Mitglieder: Alle Mitglieder, die einen Instrumentenführerschein besitzen, können vom Vorstand einen Schlüssel zur Sternwarte erhalten.

Instrumentenführerschein: Interessenten werden freitags ab 20:30 Uhr bei wolkenfreiem Himmel ausgebildet. Bitte mit einem Vorstandsmitglied in Verbindung setzen.

Einstellen von Beobachtungsobjekten: Hilfestellung gibt's nach Voranmeldung z.B. bei Ralf Gerstheimer oder Manfred Chudy ebenfalls freitags ab 20:30 Uhr.

Telefonnummer der Sternwarte Calden: 05674 – 7276

Manchmal ist die Sternwarte auch an anderen Terminen besetzt. Rufen Sie an und nehmen Sie an den Beobachtungen teil.

Instrumente:

- Kuppel 1: 30 cm Newton-Reflektor mit Leitrohr auf computergesteuerter Montierung Fornax 51
- Kuppel 2: 20 cm Schaer-Refraktor auf computergesteuerter Montierung Alt-7, 20 cm Newton-Cassegrain mit Leitrohr
- Außensäule 1: Celestron C8 (20 cm Schmidt-Cassegrain)
- Außensäule 2: 10 cm Refraktor
- 15 cm Dobson-Spiegelteleskop
- 25 cm Dobson-Spiegelteleskop - hier können und dürfen Sie als Besucher unter unserer fachlichen Anleitung selbstständig Himmelsobjekte einstellen... trauen Sie sich!
- Zubehör: Feldstecher 20x80 mit Stativ, Gitterspektrograph, Halbleiter-Photometer, Interferenzfilter, T-Scanner für H-Alpha-Sonnenbeobachtung, Objektivsonnenfilter, CCD-Kamera mit Computer, Mintron-Himmelskamera mit Monitor, 6" Schmidt-Kamera.
- Übertragungsmöglichkeit der Fernrohrbilder in den Vortragsraum.

Eintritt: Erwachsene 1,- Euro, Jugendliche 0,50 Euro. Mitglieder des AAK und deren Gäste zahlen keinen Eintritt.

Der Vorstand des AAK:

Vorsitzender: Klaus-Peter Haupt, Wilhelmshöher Allee 300a, 34131 Kassel, Tel./Fax: 0561-311116, Mobiltel. 0177-2486810, e-mail: kphaupt@aol.com

Kassenwart: Marcus Schüler, Mittelfeldstr.1, 34127 Kassel, Tel.85556, email: schueler.marcus@web.de

1.Beisitzer: Wilhelm Steinmetz, Werraweg 23, 34314 Espenau, Tel.05673-7677

2.Beisitzer: Martin Hämmerling, Im Boden 10, 34355 Staufenberg, Tel.05543-999936

3.Beisitzer: Frank Kirchner, Wurmbergstr.49, 34130 Kassel, Tel.6029832

4.Beisitzer: Ralf Gerstheimer, Schöne Aussicht 26, 34317 Habichtswald, Tel.05606-53855

Aufgabenbereiche:

Instrumente der Sternwarte: W. Steinmetz, W. Schäfer, F. Kirchner

Führungen: R. Gerstheimer

Elektrik der Sternwarte: A. Werner, M. Hämmerling

Grundstückspflege: W. Müller, W. Schäfer, W. Steinmetz, F. Haupt

Bibliothek: H. Frisch

Sternpatenschaften: R. Gerstheimer

Pressemitteilungen: K.-P. Haupt

Planetarium: K.-P. Haupt

Internet: C. Hendrich

Koronaredaktion: C. Hendrich, W. Steinmetz

Der AAK ist auch im WorldWideWeb vertreten: **<http://www.astronomie-kassel.de>**

Der Gewinner der Einstein-CD unseres Preisrätsels aus Korona 101 ist **Christian Skaley**. Leider hat die Redaktion nur 5 Einsendungen mit der richtigen Lösung erhalten.

Haben Sie Ihren Beitrag schon bezahlt?

Der Jahresbeitrag beträgt 35,- Euro, der ermäßigte Beitrag beträgt 15,- € (für Studenten, Schüler, Auszubildende oder auf Antrag beim Vorstand), der Familienbeitrag beträgt 50,- €

Vereinskonto: Kasseler Sparkasse (BLZ 52050353) 127048

Informationen beim Kassenwart:

Marcus Schüler, Mittelfeldstr. 1, 34127 Kassel, Tel.85556, schueler.marcus@web.de

Sparkassen.
Gut für Deutschland.

Kasseler Sparkasse.
Gut für die Region.