



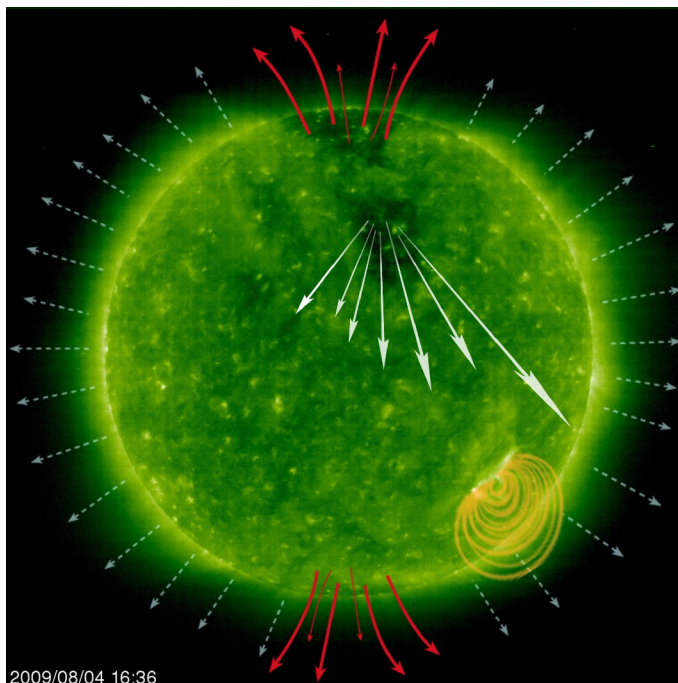
ASTRONOMISCHER ARBEITSKREIS KASSEL E.V.

37. Jahrgang

Nummer 109

September 2009

Wieder mehr Sonnenaktivität



Astronomische Spektroskopie • Komet Christensen
Beobachten von Jupitermonden • Die Evolution der Evolutionstheorie

Inhaltsverzeichnis

Beobachtungen

Ralf Gerstheimer Astronomische Spektroskopie	3
Bernd Holstein / Manfred Chudy Komet Christensen	11
Roland Hedewig Eine Überraschung beim Beobachten von Jupitermonden	12
Bildergalerie	14
Manfred Chudy und Christian Hendrich Sonnenbeobachtungen	18

Berichte

Roland Hedewig Die Evolution der Evolutionstheorie	20
--	----

Verschiedenes

Christian Hendrich Beobachtungshinweise	55
Christian Hendrich Rezension: 3D-Atlas des Sonnensystems	56
Christian Hendrich Umfrage: Zukunft der Korona	57
Unser Programm von September bis Dezember 2009	59

Titelbild: Sonne im extremen ultravioletten (UV) Licht, 4. August 2009. Pfeile oben/unten: Dunkle koronale Löcher an den Polen sind die Quellen der offenen magnetischen Feldlinien. Plasma wird dort in den Weltraum geschleudert und erzeugt den sog. schnellen Sonnenwind (800 km/s). Gestrichelte Pfeile: Der variable langsame Sonnenwind entsteht an allen anderen Stellen der Sonnenoberfläche. Der Sonnenwind definiert die Größe unseres Sonnensystems, die Heliosphäre. Fächerförmige Pfeile: Ein dunkles koronales Loch in niederen Breiten. Von dort aus werden Partikel in Richtung Erde geschleudert, die einige Tage später Polarlichter in der Erdatmosphäre erzeugen. Rechts unten sind magnetische Schleifen über einer Sonnenfleckengruppe angedeutet. Die Lichtbögen werden durch schnelle heiße Partikel in diesen Schleifen erzeugt.

Quelle: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/pickoftheweek>

Astronomische Spektroskopie

Ralf Gerstheimer

Im Oktober 2008 unternahm ich meine ersten Schritte auf dem Gebiet der astronomischen Spektroskopie. Ein vorhandenes Blaze-Gitter von Baader Planetarium mit 207 Linien/mm diente zunächst ersten Experimenten zur Gewinnung von spaltlosen Sternspektren. Dabei wurde das Gitter direkt in die 1,25" Steckhülse einer Philipps ToUCam (Webcam) bzw. einer TIS DMK21AF04 (industr. Video-Überwachungskamera) geschraubt und in den Okularauszug meines 32cm Newton-Teleskops gesteckt. Weil das Gitter für einen hohe Auflösung möglichst im parallelen Strahlengang eingesetzt werden muß, blendete ich das Teleskop mit einer Pappblende (Öffnung 10cm) ab. Daraus resultierte (bei einer primären Brennweite von 152 cm) ein Öffnungsverhältnis von $f/15$. Ein noch stärkeres Ablenden würde zwar das Öffnungsverhältnis weiter vergrößern, die geringere Beleuchtung von Spalt und Sensor würde aber insgesamt nachteilig wirken. Als Sensor setzte ich zunächst die Philipps ToUCam ein. Allerdings blieben die Ergebnisse unter meinen Erwartungen, so dass ich im weiteren nur noch die DMK 31AF03 einsetzte, die deutlich kontrastreichere Spektralbilder lieferte. Für den Einsatz als visuelles Beobachtungsgerät (als Spektroskop) kann eine Zylinderlinse auf das Okular aufgesteckt werden, um den dünnen Spektralfaden aufzuweiten. Die visuelle Beobachtung von Sternspektren hat beispielsweise bei öffentlichen Sternwartenführungen durchaus einen gewissen Reiz, weil hier Astrophysik live demonstriert werden kann. Besonders geeignet als Demonstrationsobjekte sind die hellen A-Sterne wie Wega, Atair usw., die kontrastreiche Balmerlinien zeigen.

Zur Aufnahme von Spektren mit der Videokamera arbeitete ich für Übersichten im "Primärfokus" des Spektrographen, für Detailaufnahmen verwendete ich eine 2- oder 5-fach Barlowlinse direkt vor der Kamera. Mit dem Einsatz der 5x-Powermate stößt die mechanische Belastbarkeit der gegenwärtigen (sehr provisorischen) Konstruktion an ihre Grenzen. Die Aufnahme von Sternspektren mit dem Spaltspektrographen wird eine weitere Herausforderung sein. Zwsar konnte ich schon erste Spektren damit aufnehmen, doch sind hier noch Verbesserungen bez. der mechanischen Stabilität und des Handlings am Teleskop erforderlich.

1. Spaltlose Spektren

Sterne erscheinen uns durch ihre sehr großen Entfernungen punktförmig und lassen sich in optischen Teleskopen nicht direkt darstellen. Die Teleskopöffnung verursacht Beugungserscheinungen, wobei im Maximum 0-ter Ordnung, dem Airy-Scheibchen, der großen Teil des einfallenden Lichtes vereinigt wird. Durch die praktisch immer währende, jedoch stark schwankende Luftunruhe wird das Airy-Scheibchen auf dem Sensor (das kann die Netzhaut unseres Auges sein, eine photographische Emulsion oder auch ein CCD-Chip) auf einer größeren Fläche 'verschmiert'. Das Airy-Scheibchen erscheint folglich aufgeblasen und unscharf. Fällt das Licht des Airyscheibchens nun im Brennpunkt der Optik auf ein optisches Gitter, wird es gebeugt und das Scheibchen auf dem Sensor abgebildet. Die Stärke der Lichtbeugung (Dispersion) fällt dabei für jede Wellenlänge unterschiedlich stark aus, so daß die gebeugten Airy-Scheibchen nebeneinander auf dem Sensor abgebildet werden. Dabei kommt es aufgrund der geringen Wellenlängenunterschiede zu Überlappungen - und zwar um so stärker, je größer der Durchmesser der Beugungsscheibchen (also des Airyscheibchens im

Fokus) ist. Damit wird klar, daß die spektrale Auflösung beim spaltlosen Spektrographen vergleichsweise gering bleiben muß und darüberhinaus auch noch stark von der Luftunruhe, dem Seeing beeinträchtigt wird. Andererseits sind spaltlose Spektren sehr einfach zu gewinnen und eignen sich gut dazu, Sterne zu klassifizieren. Die grobe Einteilung in Spektralklassen (klassisch: O,B,A,F,G,K,M) fußt auf wenigen, meist deutlich hervortretenden Linien, die mit ein wenig Übung problemlos identifiziert werden können. Durch die geringe Auflösung stößt die spaltlose Spektroskopie aber schnell an Grenzen, wenn es darum geht, z.B. Radialgeschwindigkeiten von Sternen zu bestimmen oder die Spektren flächiger Objekte wie Gasnebel etc. aufzunehmen. Für diese Aufgaben sind sog. Spalt spektrographen erforderlich, die im Amateurbereich zwar Auflösungen bis zu 0,1 Angström erreichen, aber auch schnell mehrere tausend Euro kosten können. Darüberhinaus erfordert der Betrieb eines Spalt spektrographen ein sehrexakt nachgeführtes Teleskop.

Meine ersten Aufnahmen von Spektren zeigten schon bald, dass es für Spektralbilder in befriedigender Qualität erforderlich ist, wiederholt Spektren von ein und denselben Sternen aufzuzeichnen. Die seeingbedingten Qualitätsschwankungen waren teilweise gravierend. Insofern stellen die bisher von mir aufgenommenen Spektren (siehe Sternspektren) nur ein Zwischenstadium einer Gesamtklassifikation dar.

Spezialfall Planeten- und Mondspektren

Eine weitere interessante Methode zur Erzeugung von Planetenspektren ohne Spalt nutzt das veränderliche Erscheinungsbild der Objekte aus. Während der Kantenstellung von Saturn in 2008/2009 oder bei einer sehr schmalen Venussichel bieten schmale Strukturen (wie die Saturnringe oder die Spitzen der Sichel) spaltförmige Lichtquellen, die analog dem Spaltbild aus einem Spektroskop mit dem optischen Gitter zu einem Spektrum aufgefächert werden können. Flächige Bereiche wie etwa die Saturnkugel werden dabei überlappend abgebildet und ergeben ein verwaschenes Bild ohne Absorptionslinien. Die Auflösung ist dabei durch die Breite der Struktur (z.B. Ring- oder Sichelbreite) vorgegeben. Soweit die Objekte das Sonnenlicht reflektieren, entsprechen die Spektren im Wesentlichen dem Sonnenspektrum.

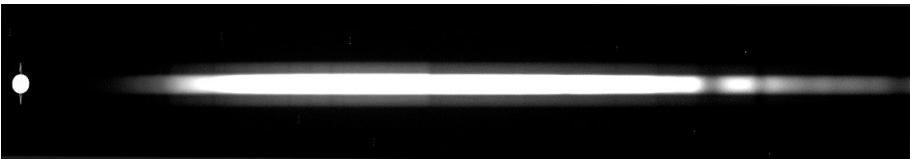


Abb. 1: Montage: Rohspektrum Saturn. Der schmale Saturnring erzeugt ober- und unterhalb der Kugel ein deutliches Absorptionsspektrum

Auch die schmale Mondsichel eignet sich begrenzt als "Pseudospalt", wenn nur die äußersten Ausläufer spektroskopiert werden. Allerdings ist die Breite der "Lichtspalte" vergleichsweise groß und die Überlappung der "Spaltbilder" dementsprechend stark. Immerhin können in einem solchen Spektrum die kräftigsten Linien des Sonnenspektrum eindeutig identifiziert werden.

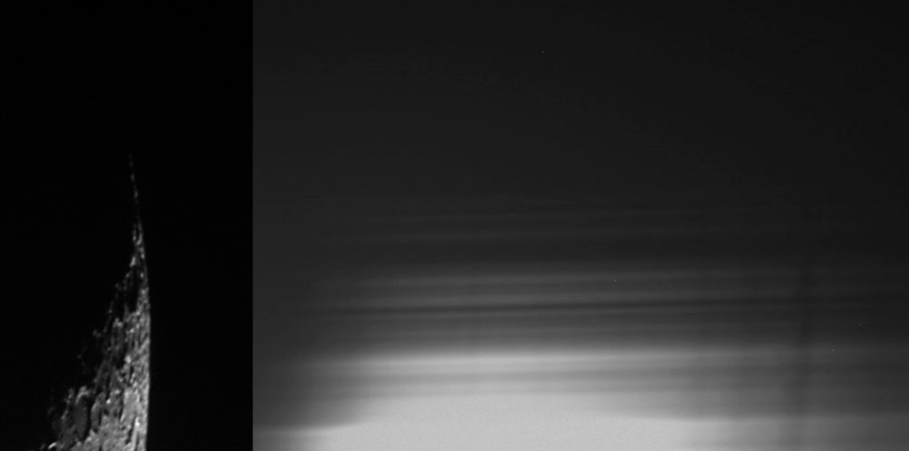


Abb. 2: Montage: Rohspektrum Mond. Nur die schmalen Ausläufer der Sichel bilden die Absorptionslinien des Sonnenspektrums erkennbar ab.

Vom Rohbild zum Spektrogramm

Während der Aufnahme wird das Teleskop rechtwinkling zum Spektralfaden im Korrekturmodus der Steuerung langsam bewegt und der Spektralfaden bei laufender Belichtung auseinandergezogen. Bei schwächeren Sternen muß die Bewegung sehr vorsichtig und langsam erfolgen, um einen ausreichend hellen Spektralfaden zu erzeugen. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Schärfe und der Kontrast des Spektralfadens durch die Flächenwirkung des Spektrums besser eingestellt werden können. Außerdem kann der Einfluß des Seeings vermindert werden, weil durch die Dehnung des Spektralfadens Phasen guten und schlechten Seeings nebeneinander zu liegen kommen und nachträglich eine Auswahl des besten Bildbereichs getroffen werden kann. Schräg über den Sensor verlaufende Spektralfäden haben dabei eine geringere Auflösung als senkrecht ausgerichtete,; andererseits kann die Schräglage günstig sein, um ein etwas zu breites Spektrum noch komplett auf den Chip zu bringen.

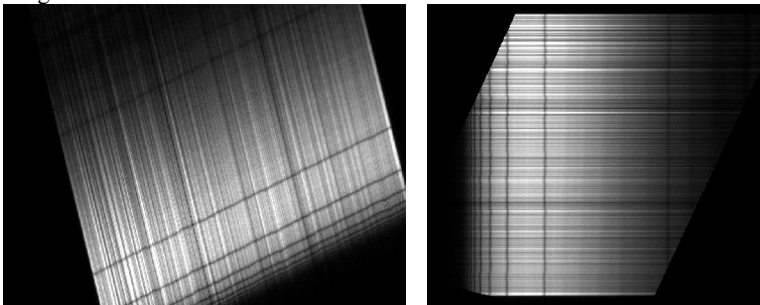


Abb. 3: Links: Rohspektrum von Wega, Rechts: Ausgerichtetes Rohspektrum

Auswahl eines Bereichs

Aus dem ausgerichteten Rohspektrum kann nun der schärfste und /oder kontrastreichste Bereich mit dem Auswahlwerkzeug markiert und ausgeschnitten werden. Je weniger verrauscht ein Rohspektrum ist, desto schmaler kann der Ausschnitt ausfallen.

Gemittelter "Spektralfaden"

Im Menü "Bearbeiten: Bildgröße ändern" im Anschluß die Pixelzahl für "Vertikal" auf "1" eingestellt und als Methode der Interpolation "Mittel" ausgewählt. Das Ergebnis ist ein 1 Pixel hoher, gemittelter und somit weitgehend entrauschter Spektralfaden. Für stark verrauschte Rohspektren sollte wie im vorigen Abschnitt erwähnt, der Auswahlbereich größer gewählt werden, um über eine höhere Anzahl von Spektralfäden mitteln zu können. Das Resultat dieses Bearbeitungsschrittes kann bei Bedarf schon für die Erstellung eines Spektrogramms verwendet werden. Zur Verdeutlichung der Absorptions- und Emissionslinien kann das einzeilige Spektrum wieder vertikal gestreckt werden. Das lässt sich wieder sehr einfach im Menü "Bearbeiten: Bildgröße ändern" realisieren, indem die Pixelzahl für "Vertikal" z.B. auf "100" eingestellt und als Methode der Interpolation "Mittel" ausgewählt wird.



Abb. 4: Oben: Ausgewählter Bereich, Mitte: gemittelter Spektralfaden,
Unten: fertiges Spektrum

Spektrogramm

Der letzte Schritt liefert ein kalibriertes Spektrogramm. Für Windows-User bietet sich zur Auswertung der Spektren z.B. das ganz hervorragende Freeware-Programm VisualSpec von Valerie Desnoux an. Eine genaue Beschreibung des Programms findet sich auf der Internetseite von Valerie Desnoux. Die Intensität der verschiedenen Spektralbereiche ersutliert maßgeblich aus der spezifischen Empfindlichkeit der Kamerasensoren für die jeweiligen Wellenlängen. CCD-Chips sind besonders im visuellen Bereich und nahen Infrarot empfindlich. Im nahen UV-Bereich fällt die Empfindlichkeit sehr schnell ab.

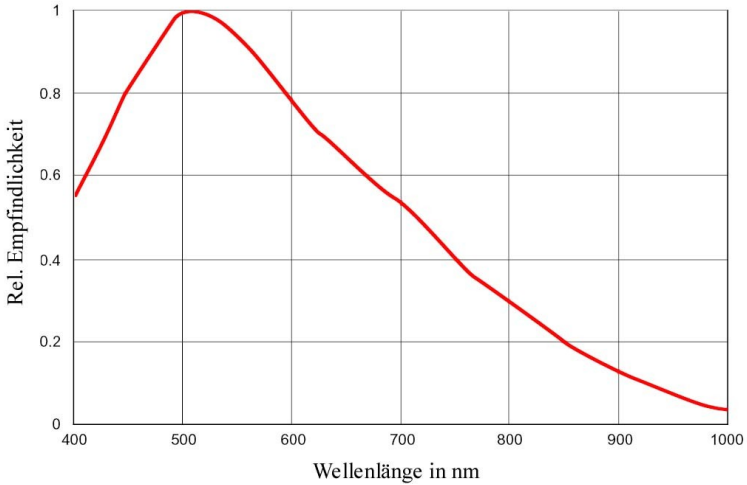


Abb. 5: Spektrale Empfindlichkeit DMK 31AF03

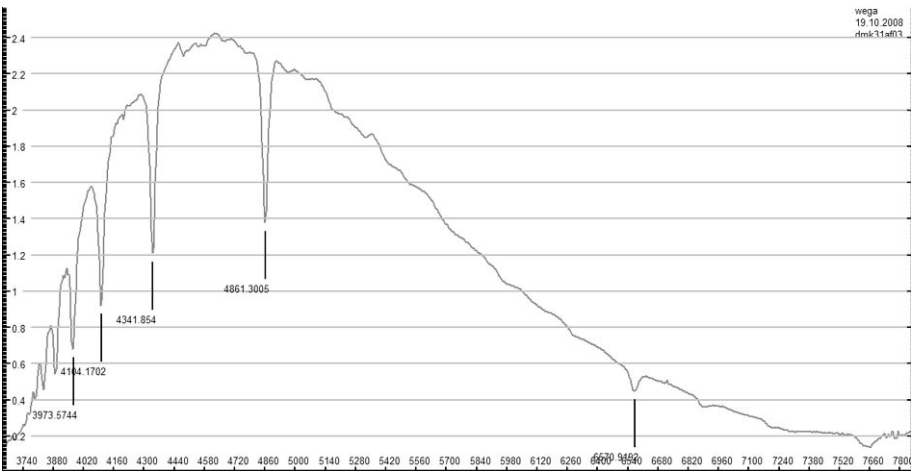


Abb. 6: Spektrum der Wega vom 19.10.2009

2. Spektren mit Spaltspektrograph

Angeregt durch verschiedene Beiträge auf Amateur-Internetseiten versuche ich, mit dem vergleichsweise geringauflösenden Baader-Gitter und ein paar wenigen optischen Komponenten Erfahrungen auf dem Gebiet der Spaltspektroskopie zu sammeln.

Visuell zeigen alle Okulare von 7-30 mm Brennweite an sehr hellen Objekten, v.a. der Sonne, ein gut aufgelöstes Bild. Naturgemäß bilden langbrennweitige Okulare das gesamte sichtbare Spektrum ohne Trennung von sehr feinen Linien ab. Mit kurzbrennweitigen Okularen, z.B.

7mm Nagler, ist demgegenüber eine recht gute Trennung auch von eng benachbarten Linien wie z.B. der Natrium Doppellinie möglich. Noch eindrucksvoller als bei (spaltlosen) Sternspektren ist die visuelle Beobachtung des Sonnenspektrums mit dem Spektrographen eine hervorragende Möglichkeit, Astrophysik live zu demonstrieren.

Der einfache Experimentalspektrograph beinhaltet einen selbstgefertigten Spalt. Er wird aus zwei Fragmenten einer Rasierklinge hergestellt, die mit kleinen Magneten auf einer passend gedrehten Unterlegscheibe fixiert und dann in die richtige Position geschoben werden. Mit etwas Sekundenkleber läßt sich der Spalt leicht fixieren, die Magnete können später entfernt werden. Durch den sehr einfachen und kostengünstigen Aufbau lassen sich je nach Einsatzzweck schnell verschieden breite Spalte bauen und einsetzen. Als Halterung für die Spalt-Scheiben dient eine Aluminium-Steckhülse, die von einem hilfsbereiten Vereinskollegen angefertigt wurden. Der Hülsendurchmesser beträgt auf beiden Seiten 1,25" und dient damit auch als Verbindungsstück zwischen Spektrograph und Okularauszug des Teleskops. Etwa in der Mitte der Hülse wurde eine Auflage für die Spaltscheiben abgesetzt, seitlich mündet an dieser Stelle eine Klemmschraube zur Fixierung der Spaltscheibe. Aufgabe des Spaltes ist es, aus einem flächigen Objekt, z.B. Sonnenscheibe oder Emmissionsnebel, einen sehr schmalen Bereich auszuschneiden, der vom Gitter auf der Sensorebene als feine Lichtlinie abgebildet wird. Je schmaler der Spalt ist, um so feiner und genauer (besser aufgelöst) ist das resultierende Spektrum. Der hier gezeigte Aufbau ist bei weitem nicht perfekt und ich hoffe, durch weitere Verbesserungen am Spalt die Güte der Spektren noch verbessern zu können.



Abb. 7: Der einfache Experimentalspektrograph mit einem selbstgefertigten Spalt

Als Kollimator dient ein überzähliges 200 mm (oder ein 135mm) Teleobjektiv mit M42 Anschluß. Am M42-Gewinde ist ein T2/1,25"-Adapter über einen M42/T2-Adapterring angeschraubt. Am 1,25" -Anschluß wird die Alu-Hülse inklusive der darin befindlichen Spaltscheibe eingesteckt. Aufgabe des Kollimators ist es, den Spalt aufzuweiten und als möglichst paralleles Lichtbündel auf dem Gitter abzubilden. Um möglichst große Freiheiten bei der Einstellung des Strahlenganges zu haben, ist der Kollimator mit einer höhenverstellbaren Rohrschelle drehbar auf einem stabilen Holzbrettchen montiert.

Direkt hinter dem Kollimator sitzt das Dispersionsgitter. Es ist ebenfalls in einen T2(innen)/1,25"-Okularadapter eingeschraubt und wird von einer höhenverstellbaren und drehbaren Rohrschelle gehalten. In diesen Adapter ist von der Rückseite her ein Adapter T2(außen)/1,25"-Steckhülse eingeschraubt. Aus Stabilitätsgründen wird dieser Adapter durch eine weitere Rohrschelle gehalten. Während der vordere Teil frei drehbar ist, wird der hintere

jedoch seitlich in einem Langloch geführt und ermöglicht so ein Schwenken der gesamten Einheit um die vordere Achse. Dies ist erforderlich, um verschieden Bereiche des eventuell weit auseinandergezogenen Spektrums betrachten zu können. Zwischen den Adaptern befindet sich als abbildendes Element eine Konvexlinse mit einer Brennweite von ca. 10 cm.



Abb. 8: Kollimator, mit einer höhenverstellbaren Rohrschelle drehbar auf einem stabilen Holzbrettchen montiert

Am hinteren Adapter ist ein Zenitspiegel befestigt. Neben einer komfortableren Beobachtungshaltung hat dies den Vorteil, dass bei Verwendung von Barlowlinsen und unterschiedlichen Okularen grobe Lichtwegunterschiede per Schiebefokussierung ausgeglichen werden können. Die Feinfokussierung erfolgt dann über das Teleobjektiv. Gegen Streulicht kann es erforderlich sein, den Bereich zwischen Gitter und Kollimator mit einer Aluminiumfolie (oder besser noch mit einer alubeschichteten PE-Folie etwa aus Lebensmittelverpackungen) abzudecken.

3. Messergebnisse: Spaltlose Spektren

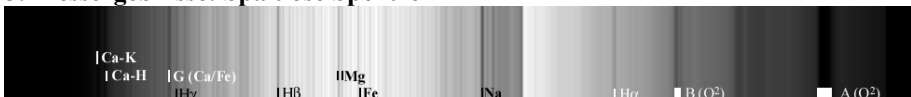


Abb. 9: Sternspektrum Sonne (Spektralklasse G2 V)



Abb. 10: Sternspektrum Beteigeuze (Spektralklasse M2 Ia)

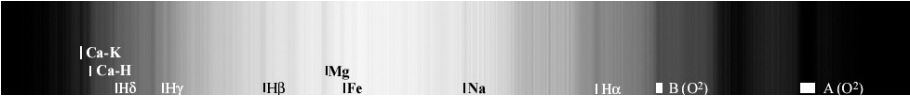


Abb. 11: Saturnring in Kantenstellung (Sonne Spektralklasse G2 V)



Abb. 12: Erdmond (Sonne Spektralklasse G2 V)

4. Messergebnisse: Spaltspektren

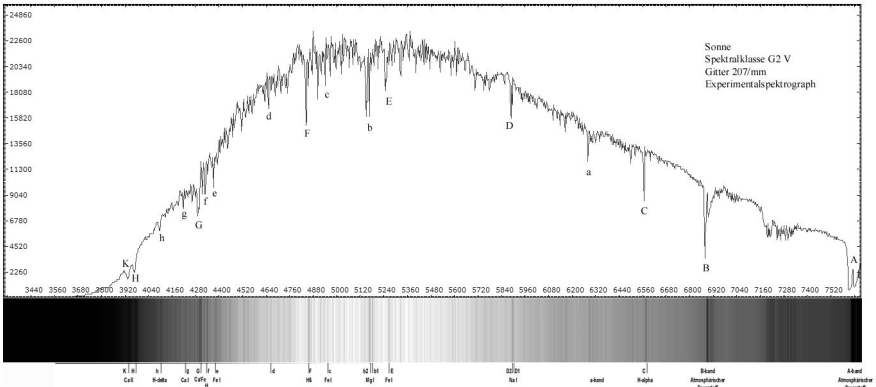
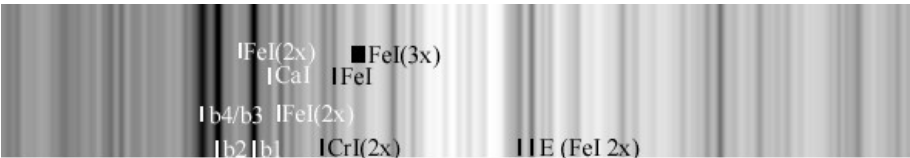


Abb. 13: Sonne Gesamtspektrum mit DMK 31AF03 (1/3"-Sensor) 28.1.2009



Abb. 14: Ausschnitt von 4970Angström - 6055Angström; in diesem Bereich befinden sich links die auffälligen MgI Linien b1 und b2 sowie rechts die NaI-Doppellinie D1/D2



b1-b4: MgI
(2x) ; (3x) = 2 bzw. 3 eng benachbarte, nicht getrennte Linien

Abb. 15: Ausschnitt von 5115Angström - 5385Angström; die MgI Linien b1, b2, b3 und b4 nochmals vergrößert, die Aufnahme nähert sich der theoretischen Auflösungsgrenze von ca. 1A des Baader-Gitters mit 207 Linien/mm an.

Komet Christensen

Bernd Holstein / Manfred Chudy

Der Komet Christensen stand zum Zeitpunkt der Aufnahme im Sternbild Schwan in der Nähe von Cyg. Zeta. Seine Helligkeit betrug etwa Mag 11,8.



Abb. 1: Komet C/2006 W3 Christensen am 29.07.2009 00:28:34 MESZ, Newton D300/F1600 mm, Canon EOS 310da, 15x30sec mit Giotto addiert (Bernd Holstein)

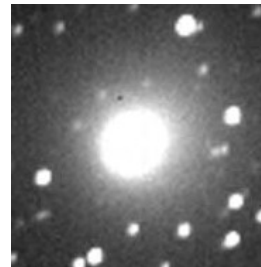


Abb. 2: Komet C/2006 W3 Christensen am 28.07.2009, 23:00 UT, Newton D300/F1600 mm, Kamera CCD SBIG ST 7, Belichtung 5 X 2 Minuten (Manfred Chudy)

Eine Überraschung beim Beobachten von Jupitermonden

Roland Hedewig

Es ist Dienstag, 4. August, eine halbe Stunde vor Mitternacht. Der Fast-Vollmond steht tief im Süden. Links von ihm, also östlich, strahlt der Jupiter ziemlich hell. Ist das nicht eine Gelegenheit, Jupiter mit seinen Wolkenbändern wieder einmal zu beobachten? Ich stelle den im Garten auf einer Säule stehenden 150/2250 mm-Refraktor ein und verwende zunächst das 20 mm-Erfle-Weitwinkelokular, um auch alle Jupitermonde ins Gesichtsfeld zu bekommen.

Gegen Mitternacht, also 22 Uhr UT, schaue ich das erste Mal durchs Okular - und da gibt es eine Überraschung: Östlich von Jupiter stehen nicht, wie erwartet, die vier Galileischen Monde, sondern fünf – schön in einer Reihe. Zwei stehen wie ein Doppelsternpaar dicht nebeneinander. Da es aber nur vier Galileische Monde gibt, muss einer dieser fünf Lichtpunkte ein Fixstern sein, der zufällig in dieser Reihe steht und auch ebenso hell wie die Jupitermonde erscheint, also die scheinbare Sterngröße 5 hat. Wie bekommt man jetzt heraus, welcher dieser Lichtpunkte der Fixstern ist, ohne im Ahnert (Astronomisches Jahrbuch 2009) die Positionen der Jupitermonde zur Beobachtungszeit nachzusehen?

Helle Fixsterne erkennt man sofort am Flackern des Lichtes, kleine Sterne unterhalb Sterngröße 4 aber flackern kaum. Und Positionsveränderungen eines Jupitermondes kann man innerhalb einer halben Stunde nur dann gut sehen, wenn der Mond dicht neben einem Vergleichsobjekt zu sehen ist.

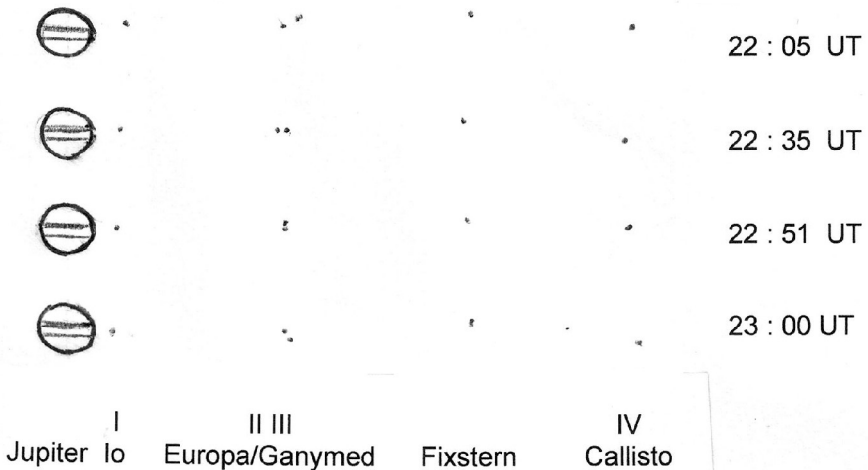


Abb. 1: Position der Jupitermonde, beobachtet am 4. August 2009

Da stehen auch zwei dieser Lichtpunkte dicht nebeneinander wie ein Doppelsternpaar. Ich verwende jetzt das 12,5 mm-Okular und erziele eine 180fache Vergrößerung. Innerhalb einer halben Stunde verändern diese Lichtpunkte deutlich ihre Position (s. Abb. 1). Da zieht einer am anderen vorbei, folglich muss mindestens einer der beiden Lichtpunkte ein Jupitermond

sein. Auch der dem Jupiter am nächsten stehende Lichtpunkt hat sich Jupiter angenähert, ist also ebenfalls ein Mond.

Ich sehe mir die Lichtpunkte einmal genauer an. Die Luft ist ausnahmsweise ruhig. In vier Lichtpunkten ist ein winziges Scheibchen zu erkennen, während der fünfte punktförmig erscheint. Außerdem hat dieser Lichtpunkt weißes Licht, während die übrigen gelblichweiß erscheinen, wie das bei Jupitermonden üblich ist, weil sie Sonnenlicht reflektieren. Dieser 5. Lichtpunkt mit weißem Licht ist also der Fixstern, der möglicherweise so groß wie unsere Sonne ist, aber Millionen mal weiter entfernt ist. Diese interessante Konstellation muss man in einer Skizze festhalten. Im Verlauf einer Stunde fertige ich die vier Skizzen der Abb. 1 an.

Interessant wird jetzt die Begegnung der beiden wie ein Doppelsternpaar aussehenden Jupitermonde. 22:50 Uhr UT scheinen sie fast zu verschmelzen. Sie sind im Teleskop kaum noch trennbar und erscheinen wie ein kleines Oval. Schon zehn Minuten später, 23:00 Uhr UT sind sie wieder deutlich zu trennen. Sie sind also (scheinbar) aneinander vorbei gezogen.

Jetzt ist es Zeit, im Ahnert nachzusehen und die vier Zeichnungen mit den Namen der Monde zu versehen. Das Ergebnis zeigt die Legende der Abbildung.

Io, der innerste Mond, hat sich Jupiter weiter genähert. Das Mondpaar besteht auch Europa und Ganymed. Ganz außen befindet sich Callisto.

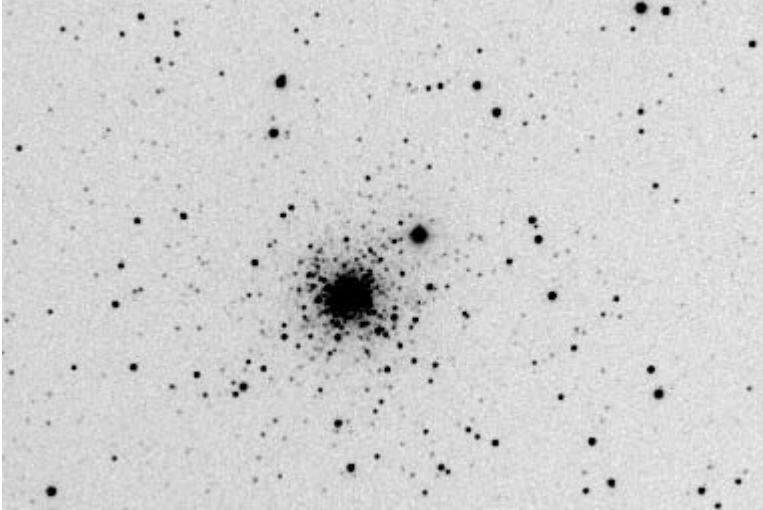
Die Begegnung von Europa und Ganymed ist für den 4.8. 23:51 Uhr MEZ, also 22:51 Uhr UT, angeben, die geringste Distanz beträgt zu dieser Zeit 1 Bogensekunde. Jupiter hat am 5.8. 00:00 UT einen Durchmesser von 48.67 Bogensekunden und zeigt sehr schön sein Streifenmuster. Die Daten der vier Galileischen Monde zeigt Tabelle 1.

Nr.	Name	Bahnradius (103 km)	siderische Umlaufzeit	Durchmesser (km)	Oppositions- helligkeit
I	Io	422	1,769 d	3630 km	5,0 mag
II	Europa	671	3,551 d	3138 km	5.3 mag
III	Ganymed	1070	7,155 d	5262 km	4,6 mag
IV	Callisto	1883	16,689 d	4800 km	5,7 mag

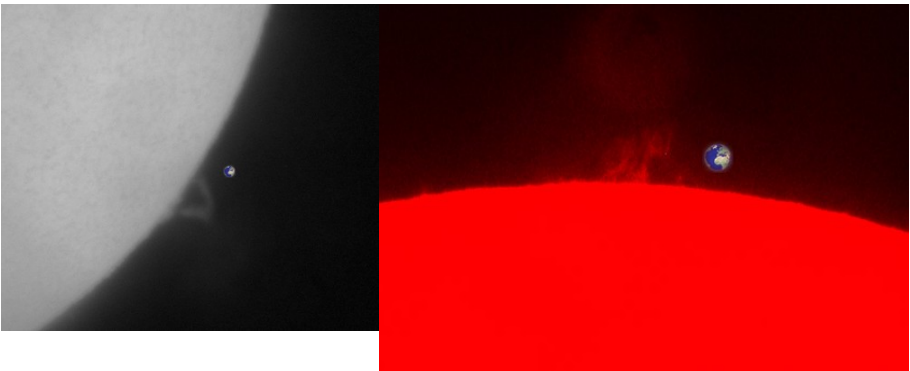
Tabelle 1: Daten der Galileischen Jupitermonde (aus Ahnert 2009, S. 168)

Bildergalerie

Zusammenstellung C. Hendrich

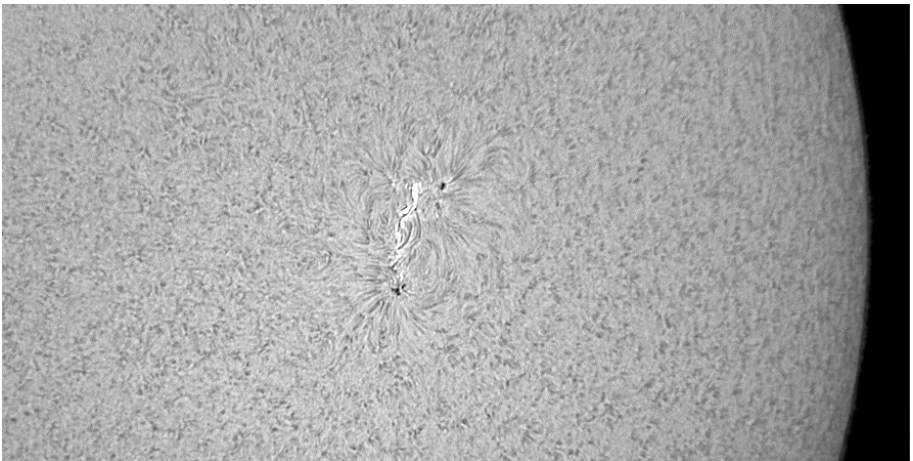
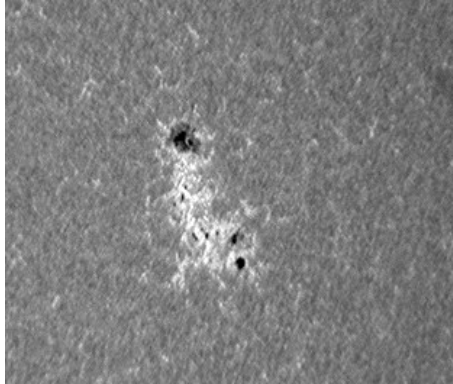


NGC 6934, 25.07.2009 23:30 UT, Newton D300/F1600 mm., Kamera CCD
SBIG ST 7, Belichtung 4 Minuten. Falschfarbendarstellung.
(Manfred Chudy)

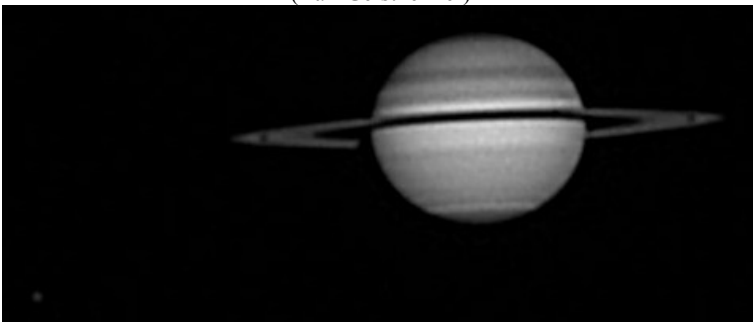


Sonne, 13.06.2009 14:00 UT,
Refraktor D200mm F3000mm
Seeing 2/2/2
(Manfred Chudy)

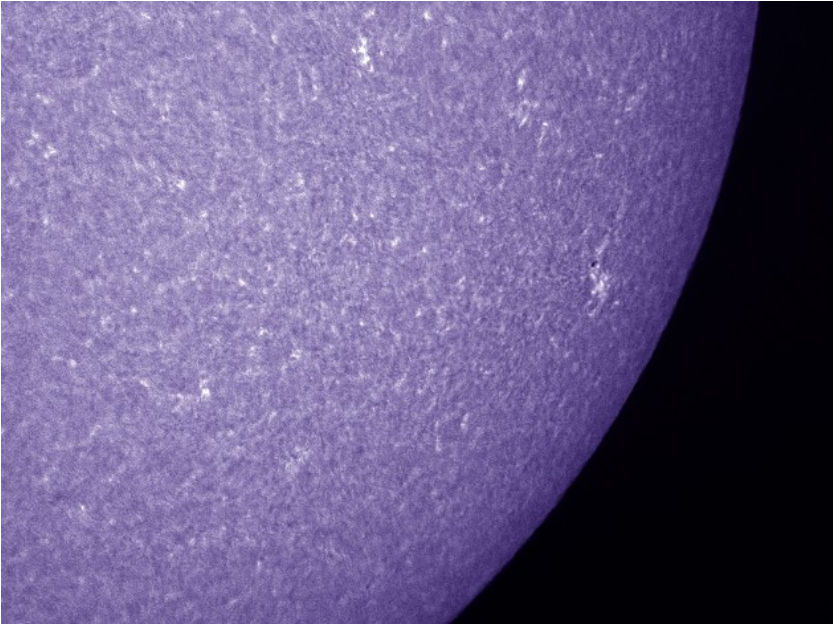
Refraktor D200mm F3000mm Seeing 2/2/2
Sonnenbeobachtung mit H-Alpha-Filter
Protuberanzenrelativzahl 55
Digitale Kamera 8MP Medion.
(Manfred Chudy)



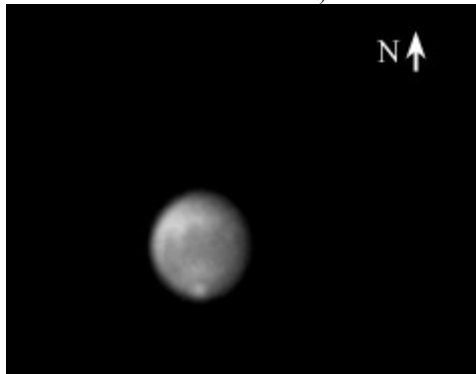
Sonnenfleck NOAA 1025, 5.7.2009. Oben: CaK-Filter, unten: H-Alpha-Filter
(Ralf Gerstheimer)



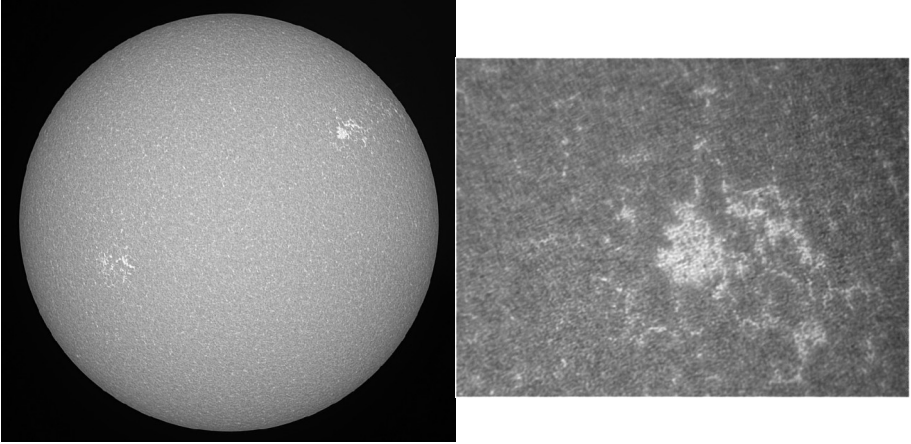
Saturn, Aufnahme vom 21.4., mit IR-Pass-Filter ($> 685\text{nm}$), um das Seeing einigermaßen zu bändigen. Im langwelligen Bereich leidet allerdings die Auflösung. Links unterhalb Saturn ist Titan zu sehen (Ralf Gerstheimer)



Sonnenfleck NOAA1015 am 21.4., muss erst kurze Zeit vorher entstanden sein, denn Archivaufnahmen von SOHO/MDI zeigen die Sonne am 20.4. blank. Leider rotierte der Fleck am 23. schon aus dem Blickfeld - war also ein sehr kurzes Vergnügen. Abb. im schmalbandigen Calcium (K-Linie, 2nm Halbwertsbreite), mit 80/120 Vixen-Refraktor aufgenommen. Das Bild ist nachträglich coloriert (Farbe nach visuellem Eindruck). (Ralf Gerstheimer)

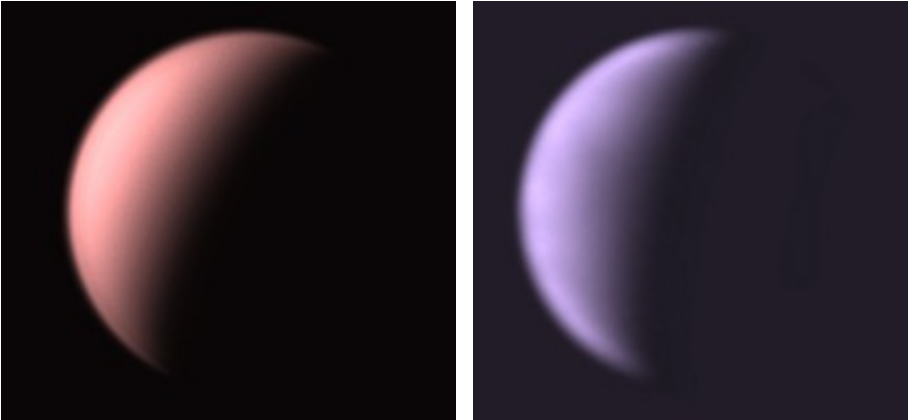


Mars, nur mit 4,5" Durchmesser schwer zu erkennen, am 19.5.2009. Polkappe, am Westrand lugt Meridiani Sinus und das Mare Erythraeum liegt als dunkle Fläche in etwa auf dem Zentralmeridian. Wolkig sieht es zwischen M. Erythraeum und dem Pol auch noch aus. (Ralf Gerstheimer)



Die Sonne im Kalziumlicht bei 393 nm am 19.5.2009. Momentan sind zwei auffällige Fackelgebiete sichtbar, aber leider keine Flecken. Das rechte obere Fackelgebiet habe ich noch bei zwei größeren Brennweiten aufgenommen.

Bei der größten Stufe kann man sehr schön erkennen, daß auch die Fackelgebiete granulär sind.(Ralf Gerstheimer)



Venus als Tagaufnahme am 19.5.2009. Links: IR bei 850 nm (rot eingefärbt), rechts: UV 390nm (blau eingefärbt). Die Wolkenstrukturen im UV sind allerdings relativ schwach.(Ralf Gerstheimer)

Sonnenbeobachtungen

Manfred Chudy und Christian Hendrich

Eigentlich sollte der Tiefpunkt in der Sonnenfleckenzahl bereits im letzten Dezember durchlaufen worden sein. Dies würde einer normalen Dauer eines Sonnenzyklus entsprechen. Das Minimum der Sonnenfleckenzahl dauert allerdings deutlich länger, so sind bereits 12,5 Jahr seit dem letzten Minimum vergangen. Erst im Juni und Juli stieg die Sonnenaktivität und es wurden wieder vereinzelte Sonnenflecken gesichtet. Das nächste Maximum der Sonnenaktivität wird folglich für das Jahr 2013/2014 erwartet.

Die Sonnenflecken sind etwas kältere Bereiche auf der Sonnenoberfläche, ihre Temperatur beträgt bis zu tausend Grad weniger als in der Umgebung (mittlere Temperatur der Sonnenoberfläche: ca. 5500°C). Die Flecken entstehen durch Magnetfelder, aus der Sonnenoberfläche herausragen. Durch die magnetischen Felder wird die normale Konvektion der gasförmigen Sonnenoberfläche gestört und die Oberfläche kühlt etwas ab. Außerdem wird im Randbereich des Flecks Plasma entlang der Magnetfeldlinien aus der Sonne herausgeschleudert. Hier bilden sich sog. Fackeln, die sich ebenso beobachten lassen.



Abb.: Fleck 1024 am 7.7.2009

Abb.: Fackel am 13.6.2009

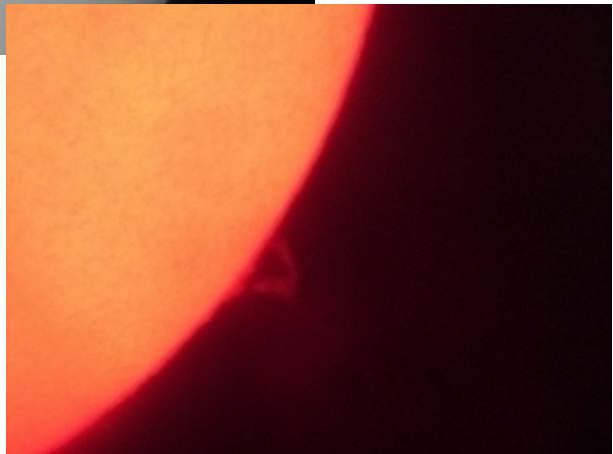




Abb.: Fackeln am 18.5.2009 (Fotomontage mit Erde zum Größenvergleich)

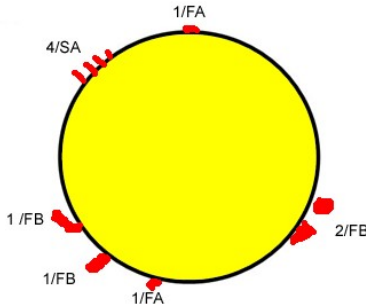


Abb.: Dokumentation der Fackelgebiete am 19.5.2009

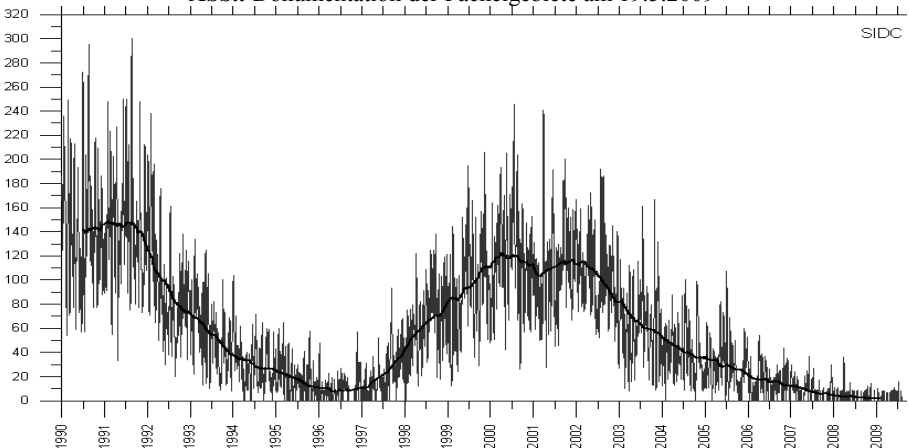


Abb.: Sonnenrelativzahlen 1990 bis 2009. Quelle: www.climate4you.com

Die Evolution der Evolutionstheorie

Erweiterte Fassung des Vortrags im Astronomischen Arbeitskreis Kassel am 20.2.2009

Roland Hedewig

Das Jahr 2009 bietet einen vierfachen Anlass zu einer weltweiten Beschäftigung mit der Evolutionstheorie.

- Vor 250 Jahren, 1758, nahm der schwedische Naturforscher Carl von Linné der Menschen
- als Spezies *Homo sapiens* in sein System der Natur auf und stellte ihn zu den Primaten.
- Vor 200 Jahren, 1809, veröffentlichte der französische Zoologe Jean-Baptiste de Lamarck die erste Evolutionstheorie.
- Ebenfalls 1809 wurde der Naturforscher Charles Darwin geboren.
- Vor 150 Jahren, 1859, veröffentlichte Charles Darwin sein Hauptwerk „On the Origin of Species by Means of Natural Selection“ (Über den Ursprung der Arten durch natürliche Selektion). Dies ist der Anlass, das Jahr 2009 als Darwinjahr zu begehen.

1. Zur Bedeutung der Evolutionstheorie

Die Bedeutung der Evolutionstheorie Darwins ist mit der Kopernikanischen Wende zu vergleichen. Der Astronom Nikolaus Kopernikus veröffentlichte 1543 sein Hauptwerk „De revolutionibus orbium coelestium libri VI“. Darin belegt er die bereits von Aristarch von Samos um 265 v. Chr. geäußerte Ansicht, dass sich nicht die Erde, sondern die Sonne im Mittelpunkt unseres Planetensystems befindet und dass sich die Erde um die Sonne dreht. Kopernikus hatte die Erde und damit den Menschen aus dem Zentrum des Kosmos gerückt. Dies war die 1. Kränkung, die der Mensch hinnehmen musste. Die katholische Kirche setzte sein Hauptwerk 1616 auf den Index der verbotenen Bücher, denn es widersprach dem biblischen, geozentrischen Weltbild.

Die 2. Kränkung bereitete Darwin dem Menschen, denn er widerlegte nicht nur die Lehre von der Konstanz der Arten, sondern schuf auch die Theorie, nach der alle Organismen, und damit auch der Mensch, das Ergebnis zufälliger Variationen der Arten und eines natürlichen Ausleseprozesses, der natürlichen Selektion, sind.

2. Historischer Kontext von Darwins Ideen

Die Vorstellung, dass die Organismen nicht durch einen übernatürlichen Schöpfungsprozess entstanden sind, sondern dass sie sich im Verlauf sehr langer Zeiträume aus einfach gebauten Urformen entwickelt haben könnten, vertrat bereits der Vorsokratiker Empedokles (495-435 v. Chr.) (vgl. Kutschera 2008, 26). Er wurde deshalb in der Literatur nach Erscheinen von Darwins Hauptwerk als „Darwin der Griechen“ bezeichnet (vgl. Engels 2007, 61).

Carl von Linné (1707-1778) veröffentlichte 1735 die 1. Auflage seines Systems der Natur, in dem er darlegt, dass die abgestufte Ähnlichkeit der Pflanzen und Tiere Schlüsse auf deren Verwandtschaft zulässt. Er war aber von einer einmaligen Schöpfung und der Konstanz der Arten überzeugt.

Der französische Zoologe und Paläontologe Georges Cuvier (1769-1832) wies um 1800 nach, dass Fossilien Überreste ausgestorbener Tiere und Pflanzen sind. Aber er glaubte noch an die Konstanz der Arten. Den Widerspruch zwischen diesem Glauben und der Tatsache, dass man in alten Gesteinsschichten nicht Fossilien heute noch lebender Arten, sondern ganz anderer Arten findet, versuchte er mit seiner Katastrophentheorie zu lösen: Durch Katastrophen wie die Sintflut sterben die meisten Arten aus, und danach werden vom Schöpfer neue Arten geschaffen.

James Hutton (1726-1797), der Begründer der wissenschaftlichen Geologie und der Geochronologie vertrat 1795 in seinem Werk „Theorie der Erde“ das Konzept des Aktualismus: Alle geologischen Erscheinungen lassen sich durch heute beobachtbare Veränderungen erklären. Sein Konzept des Gradualismus besagt, dass nicht einzelne Katastrophen, sondern langsame, beständige Prozesse die Erdoberfläche formen. Und er weist nach, dass die Erde viel älter ist, als es die Bibel angibt.

Der Geologe Charles Lyell (1797-1875) vertrat ebenso wie Hutton den Aktualismus und Gradualismus. Er schreibt in seinen „Principles of Geology“ 1830, dass die Oberflächenformen der Erde in Jahrmillionen entstanden, und zwar durch Sedimentation auf dem Meeresboden, Hebung der Sedimente, Vulkanismus und Abtragung der so entstandenen Gebirge, und dass Erdbeben Folgen von Bewegungen der Erdkruste sind.

Vereinzelt gab es schon vor Darwin Vorstellungen über die Entstehung neuer Arten durch Artenwandel. Buffon, Erasmus Darwin (Großvater von Charles Darwin), Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire, Grant, Leopold von Buch, Meckel, Tiedemann u.a. vertraten solche Ideen. Keiner von ihnen konnte aber einen überzeugenden Mechanismus des Artenwandels angeben (vgl. Engels 2007, 45).

Am bekanntesten waren die Ideen von Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829), die er 1809 in seiner „Philosophie zoologique“ formulierte. Er lehnte die Konstanz der Arten ab indem er sagte: „Die Natur hat alle Tierarten nacheinander hervorgebracht“. Er legte eine Theorie über die Ursachen des Artenwandels vor: Organe würden sich durch Gebrauch und Nichtgebrauch verändern und diese Veränderungen seien erblich (Vererbung individuell erworbener Eigenschaften). So nahm er z.B. an, dass Giraffen in der Savanne durch fortgesetztes Strecken nach hoch hängenden Blättern einen längeren Hals und längere Vorderbeine bekommen. Solche Giraffen würden gegenüber denen, denen das nicht gelingt, einen Überlebensvorteil haben und die erworbenen Eigenschaften an ihre Nachkommen vererben.

3. Darwins Leben und Forschen

Charles Darwin wurde 1809 in Shrewsbury in England als Sohn eines vermögenden Arztes geboren. Er hatte sich seit frühester Jugend mit Naturforschung beschäftigt und dabei ein beträchtliches Wissen erworben. Auf Wunsch seines Vaters begann Charles ein Medizinstudium, brach es aber bald ab, weil er die Grausamkeit der damals noch ohne Narkose erfolgenden Operationen nicht ertragen konnte. Er studierte dann Theologie und legte darin auch das Examen ab. Als er mit 22 Jahren das Angebot erhielt, als Naturforscher an einer Weltumsegelung des Vermessungsschiffes Beagle teilzunehmen, sagte er sofort zu. Die Reise dauerte von 1831 bis 1836 und führte an die Ost- und Westküste Südamerikas, zu den Galapagos-Inseln, nach Neuseeland, Australien, das Kap der Guten Hoffnung, wieder nach Südamerika und schließlich über die Azoren zurück nach England (s. Abb. 2).



Abb. 1: Charles Darwin im Alter von 31 Jahren

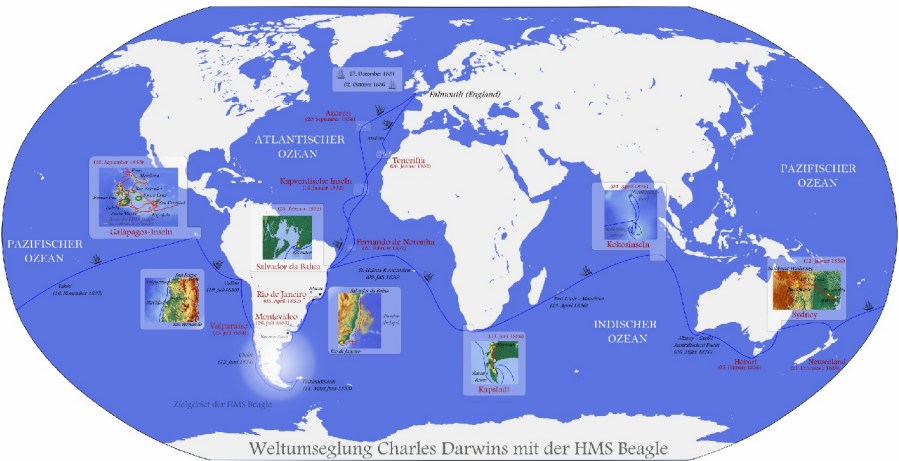


Abb. 2: Darwins Weltumseglung mit dem Vermessungsschiff Beagle 1831-1836 (Quelle: Wikipedia)

Während der Reise las Darwin das neue Werk des Geologen Charles Lyell „Principles of Geology“ (1830-1833), in dem dieser das Aktualitätsprinzip begründete. Darwin war von Lyells Erkenntnissen sehr beeindruckt. In Südamerika fand er Fossilien riesiger Gürteltiere. Und auf den Galapagos-Inseln beobachtete und sammelte er Finkenarten mit sehr unterschiedlichen Schnäbeln, die man später Darwinfinken nannte. Er sammelte während der Reise fast 4000 Pflanzen, Knochen, Felle und Häute, legte 1500 Tiere in Spiritus ein und schickte seine Sammlungen in Kisten von Hafenstädten aus per Schiff nach England. Später

sagte Darwin, dass die Reise mit der Beagle das bei weitem wichtigste Ereignis seines Lebens war, das seine ganze Berufslaufbahn bestimmt hat (Engels 2007, 29).

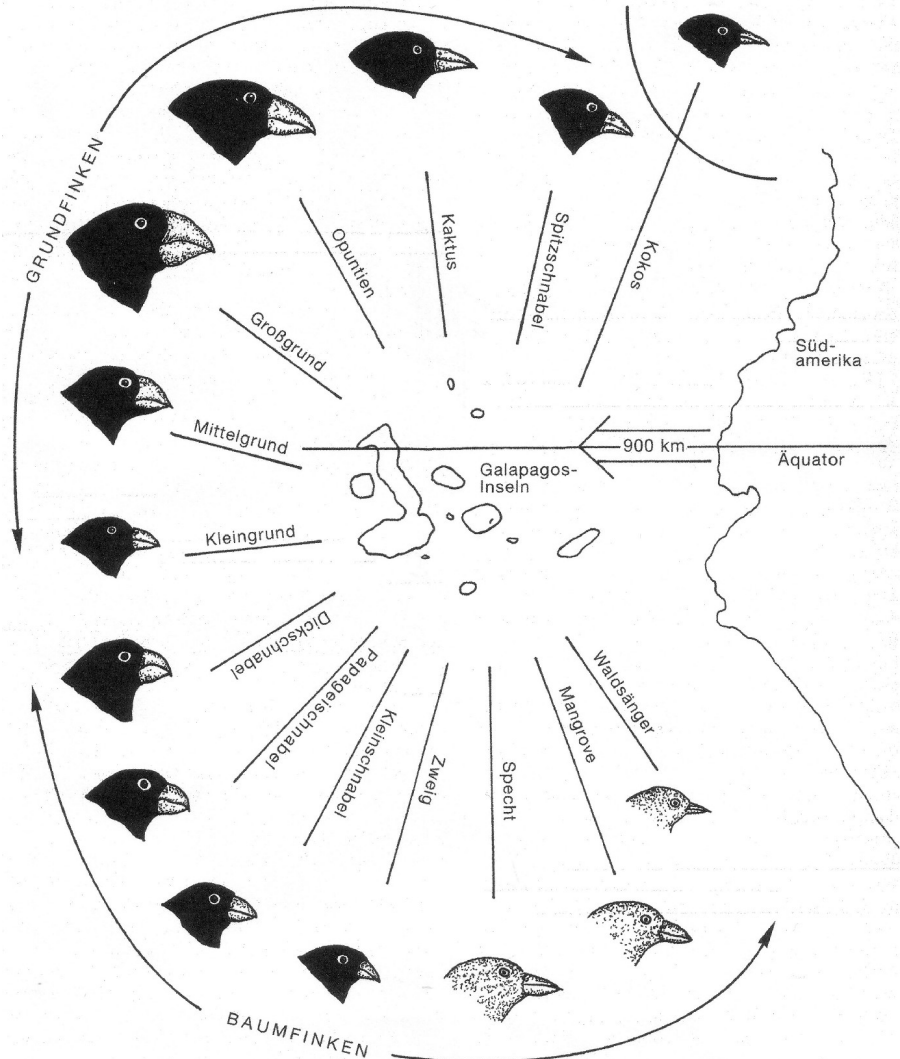


Abb. 3: Adaptive Radiation bei Darwinvögeln

Von da an strebte er danach, den Ursprung der Arten, zu erkunden, „dieses Geheimnis der Geheimnisse, wie es einer unserer größten Philosophen genannt hat.“ (Darwin 1872, Introduction p. 1; in der deutschen Übersetzung von J.V.Carus 1899 S. 21)

Nach der Rückkehr nach England bestimmte der Zoologe John Gould Darwins mitgebrachte finkenähnlich Vogelbälge eindeutig als Finken. Darwin erkannte nun, dass sich diese Finken auf den Galapagos-Inseln aus einer von Südamerika eingewanderten Finkenart entwickelt haben mussten. Weil auf diesen geologisch jungen Vulkan-Inseln, die erst wenige Millionen Jahre alt sind, keine Vögel vorhanden waren, die solche unterschiedlichen Schnabelformen besaßen und das entsprechende Futter aufnahmen, konnten sich aus der eingewanderten Finkenart mehrere Finkenarten mit unterschiedlichen Schnäbeln entwickeln und erhalten bleiben. Man bezeichnet dieses Phänomen als „adaptive Radiation“ (vgl. Leisler 1995 und Abb. 3). In Südamerika war diese Evolution der Finken nicht möglich, weil dort die Vögel anderer Arten mit entsprechenden Schnäbeln vorhanden waren und somit die entsprechenden ökologischen Nischen bereits besetzt waren.

Darwin kam auf Grund dieser Ergebnisse im März 1837 zu der Erkenntnis, dass es keine Konstanz der Arten gibt, sondern eine Deszendenz (Abstammung) heutiger Arten von früheren Arten. In sein Notizbuch zeichnete er einen hypothetischen Stammbaum, bei dem sich aus einer Ursprungsart mehrere neue Arten entwickeln, von denen die meisten aussterben. Die Überlebenden bilden wieder neue Arten, von denen wieder die meisten aussterben usw. Darüber schrieb er „I think“ (s. Abb. bei Engels 2007, 67). Den Begriff „Evolution“ verwendete Darwin nicht.

Ausführlich stellte Darwin diesen Stammbaum in der einzigen Abbildung seines Hauptwerkes 1859 und in allen folgenden fünf Auflagen dar (Darwin 1872, S. 90/91).

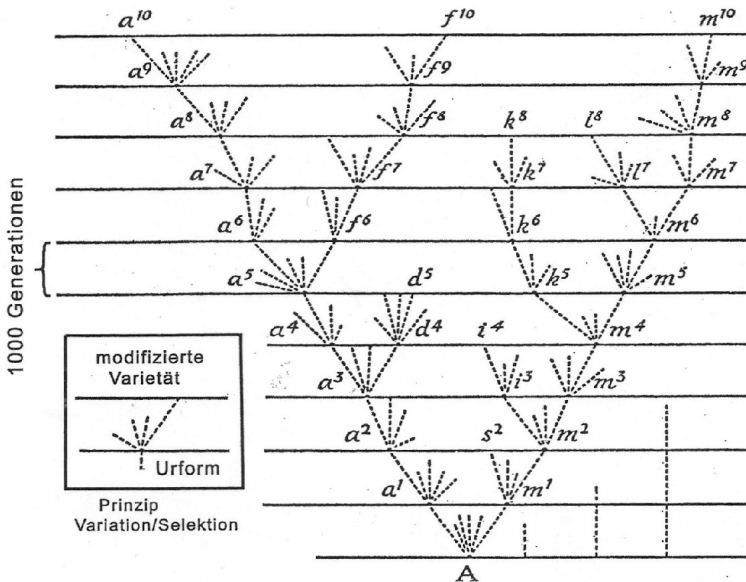


Abb. 4: Ausschnitt aus dem Stammbaum-Diagramm in Darwins „The Origin of Species...“ (1872) und Erläuterung des Selektionsprinzips (Kasten)

1837 wagte es Darwin noch nicht, seine Erkenntnisse zur Evolution der Organismen zu publizieren. Er fürchtete Angriffe in der Öffentlichkeit. Zu dieser Zeit hatte ein Journalist

ähnliche Gedanken geäußert und wurde in der Presse heftig und beleidigend angegriffen.

Darwin sandte aber seinen 1939 erschienene Reisebericht „Journal of Researches“ Alexander von Humboldt. In seinem ausführlichen Dankbrief prophezeite Humboldt dem jungen Darwin einen sicheren Platz in der scientific community (Engels 2007, 24).

Darwin wohnte seit 1842 mit seiner Familie in „Down House“, zwei Fahrstunden von London entfernt, und sammelte unermüdlich Belege für seine Deszendenztheorie.

4. Die Wirkung von Darwins Hauptwerk

Als der Zoologe Alfred Russell Wallace 1858 Darwin ein Manuskript schickte, in dem Wallace auf Grund seiner Forschungen auf Borneo zu den gleichen Schlussfolgerungen wie Darwin kam, entschloss sich Darwin sein lange schon geplantes Hauptwerk zu veröffentlichen und dort auch die Miturheberschaft von Wallace im Hinblick auf die Deszendenztheorie zu bestätigen. So erschien 1859 „On the Origin of Species by Means of natural Selection“, in dem Darwin auf S. 1 schreibt „... Mr. Wallace, who is now studying the natural history of the Malay archipelago, has arrived at almost exactly the same general conclusions that I have on the origin of species.“ (Darwin 1872, 1). Das Buch erschien am 24.11.1859. Am selben Tag waren alle 1250 Exemplare der Erstauflage vergriffen.

Das Werk führte zu einer Polarisierung der englischen Gesellschaft. Während es bei Naturwissenschaftlern sofort große Zustimmung fand, stieß es in kirchlichen Kreisen und in Teilen der Presse auf heftige Ablehnung.

Darwin vermied die öffentliche Auseinandersetzung mit seinen Gegnern, dagegen verteidigte sein Freund, der Zoologe Thomas Henry Huxley, Darwins Lehre in der Öffentlichkeit. Am 28. Juni 1860 kam es in einer Versammlung der British Association zu Oxford vor 700 bis 1000 Zuhörern zu einer Redeschlacht, in der der anglikanische Bischof von Oxford, Samuel Wilberforce u.a. sagte: „Ich möchte Prof. Huxley, der neben mir sitzt und im Begriffe steht, mich in Stücke zu reißen, wenn ich mich niedersetze, über den Glauben an seine Abkunft von einem Affen befragen. Treten die Affen-Vorfahren auf der großväterlichen oder großmütterlichen Seite auf?“

Huxley antwortete darauf mit einem Redebeitrag an dessen Ende er über die Abstammung vom Affen sagte: „Ich würde mich auch nicht eines solchen Ursprungs schämen. Wenn es aber einen Vorfahren gäbe, dessen zu erinnern ich mich schäme, so wäre dies ein Mann von rastlosem und beweglichem Verstande, der – nicht zufrieden mit dem zweifelhaften Erfolge in seiner eigenen Tätigkeitssphäre – sich in wissenschaftliche Fragen einlässt, die er wegen unzureichender Kenntnis und durch eine zwecklose Rhetorik verdunkelt, indem er die Aufmerksamkeit der Hörer von dem wirklich in Rede stehenden Punkte durch beredete Abschweifungen und geschickte Berufung auf religiöses Vorurteil ablenkt.“ (Charles Darwin, Gedenkschrift 1909, 48).

Darwin äußerte sich in seinem Werk 1859 noch nicht zur Abstammung des Menschen. Auf der vorletzten Seite steht aber der berühmte Satz „Much light will be thrown on the origin of man and his history“ (Darwin 1872, 428). Erst 1871 veröffentlichte er sein Buch „The Descent of Man and Selection in Relation to Sex.“ Darin steht der Satz: „Der Mensch ist, wie ich nachzuweisen versuche, der Nachkomme eines affenähnlichen Geschöpfes.“

Darwin entwickelte keine Theorie über den Ursprung der Organismen. Aber er kam der nach 1950 einsetzenden Forschung zur Entstehung des Lebens recht nahe mit seiner in Briefen geäußerten Vermutung, das Leben könnte in der Frühzeit der Erde auf chemischem Wege „in einem warmen Tümpel unter Reaktionen von Ammonium- und Phosphorsalzen entstanden sein.“ (Kutschera 2008, 132/133).

Die Bereitschaft Darwins, seine Theorie bei Auftreten neuer Forschungsergebnisse ständig zu revidieren und damit zu verbessern, zeigt sich in der Tatsache, dass er von den 4000 Sätzen der 1. Auflage (1959) seines Hauptwerkes bis zur 6. Auflage (1972) 3000 Sätze änderte. Er zeigte damit, dass Naturwissenschaft ein Prozess ist, in dem es keine unabänderlichen Dogmen geben darf. Dies entspricht auch der Forderung, die viele Jahre später der Philosoph Karl Popper in seinem Werk „Logik der Forschung“ (1934) erhob.

Dass man Darwins Lebensleistung in der englischen Öffentlichkeit schließlich allgemein anerkannte, zeigte sich unmittelbar nach seinem Tode am 19. April 1882. Charles Darwin wurde am 26. April 1882 in Westminster Abbey in London in der Nähe des Gedenksteins für Isaac Newton beerdigt. An der Trauerfeier nahmen die wichtigsten Repräsentanten von Wissenschaft, Staat und Kirche teil.

5. Darwins Abstammungslehre

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen müssen drei Begriffe geklärt werden:

Evolution der Organismen ist die Veränderung der Arten im Laufe der Erdgeschichte. Sie ist heute als Tatsache anerkannt, denn sie vollzieht sich vor unseren Augen. Belege sind die Veränderung von Arten in der Gegenwart (z.B. die Veränderung der Schnabelgröße bei Darwinfinken innerhalb von 20 Jahren, die Veränderung von Buntbarschen ostafrikanischer Seen und die Resistenzbildung gegenüber Antibiotika bei Bakterien).

Evolutionstheorie ist eine Theorie über den Ursprung und die Mechanismen der Evolution, z.B. die Selektionstheorie Darwins.

Evolutiongeschichte ist der Ablauf der Evolution, der in Stammbäumen dargestellt wird. Dieser Ablauf ist über weite Strecken noch hypothetisch. Man kann zwar das Auftreten und Verschwinden von Arten bzw. deren Fossilien heute genau datieren, aber in vielen Fällen noch nicht genau sagen, auf welche Vorfahren eine bestimmte Art zurückgeht.

Hinweise darauf, dass sich die heute lebenden Organismen aus wenige Ursprungsformen entwickelten, gab es bereits vor Darwin:

1. Die Ähnlichkeit der Gestalt und der Organe bei Säugetieren: Die Vorderextremitäten von Mensch, Katze, Wal und Fledermaus haben alle 5 Finger, 2 Unterarmknochen und 1 Oberarmknochen. Das lässt auf einen gemeinsamen Ursprung schließen. Es handelt sich um homologe Organe (homolog = gleiche Herkunft).
2. Das Vorhandensein aller Übergänge vom einfachen Lichtsinneszellpolster bis zum Linsenauge bei Mollusken lässt erkennen, wie die stufenweise Entwicklung von Linsenaugen erfolgt sein kann.
3. Aus Fossilien ausgestorbener Tierarten und dem unterschiedlichen Alter der Schichten, in denen sie liegen, kann man auf eine Abfolge der Organismen im Laufe der Erdgeschichte schließen und aus ihrer Ähnlichkeit einen hypothetischen Stammbaum

ableiten, besonders dann, wenn man Zwischenformen (Brückentiere) zwischen Tiergruppen findet wie den Archaeopteryx, der am Übergang von Reptilien zu Vögeln steht und vor 150 Mill. Jahren in der Jurazeit lebte. Seit 1861 fand man 9 Exemplare. Darwin erwähnt den Archaeopteryx-Fund von Solnhofen in seinem Hauptwerk (Darwin 1972, 284, Übersetzung v. Carus 1899, S. 383)

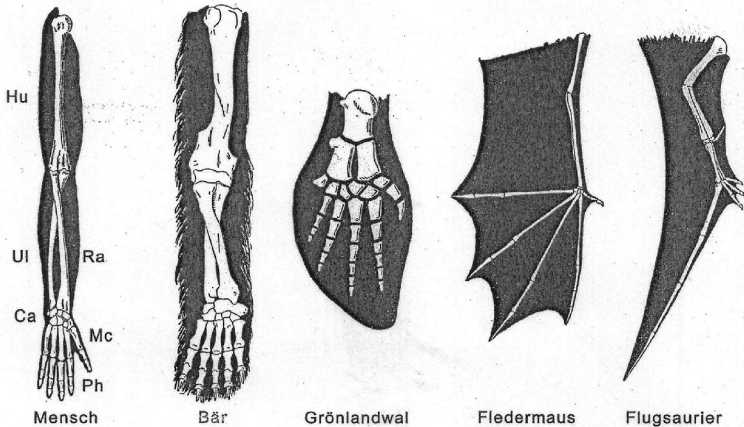


Abb. 5: Vorderextremitäten von Mensch, Bär, Grönlandwal, Fledermaus und Flugsaurier

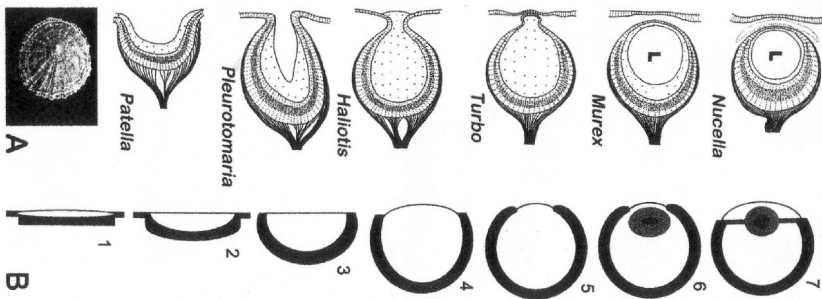


Abb. 6: Rekonstruktion der Evolution komplexer Linsenaugen bei Meeresschnecken durch Vergleich der Augen rezenter Arten (A). 1 Lichtsinneszelloster 2 Becherauge 3 Urnenaug 4 geschlossener Augenbecher 5 geschlossenes Auge 6,7 Linsenaugen, B: Computergenerierte Modellsequenz der Evolution von Linsenaugen

Darwin schreibt 1859, dass Naturforscher aus Verwandtschaftsverhältnissen der Organismen, ihren embryologischen Beziehungen, ihrer geographische Verbreitung und ihrer geologischen Aufeinanderfolge den Schluss ziehen könnten, dass die Arten von anderen Arten abstammen. Er schreibt aber weiter: „Demungeachtet dürfte eine solche Schlussfolgerung, selbst wenn sie wohl gegründet wäre, kein Genüge leisten, solange nicht nachgewiesen werden könnte, auf welche Weise die zahllosen Arten, welche jetzt unsere Erde bewohnen, so abgeändert worden sind, dass sie die jetzige Vollkommenheit des Baues und der gegenseitigen Anpassung

erlangten, welche mit Recht unsre Bewunderung erregen.“ Und weiter unten schreibt er:

„It is, therefore, of the highest importance to gain a clear insight into the means of modification and coadaptation.“ (Darwin 1872, 3)

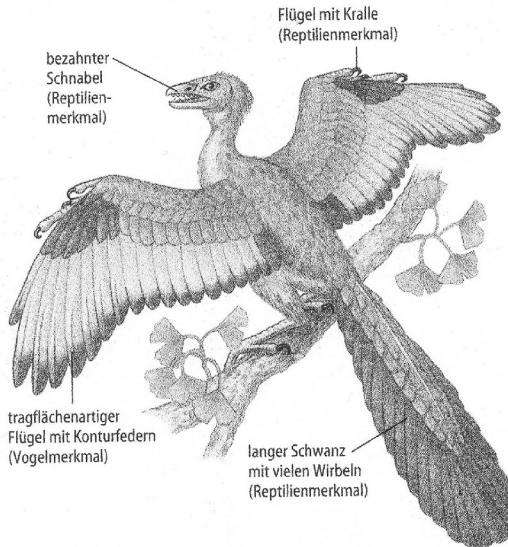


Abb. 7: Archaeopteryx, Rekonstruktion des lebenden Tieres

Darwins Abstammungslehre kann man in fünf theoretische Konzepte untergliedern:

1. Evolution als realhistorischer Prozesse: Die Arten sind wandelbar und haben sich in langen Zeiträumen aus Urformen entwickelt.
2. Selektionstheorie: Arten variieren. Gut angepasste Varianten bleiben erhalten und pflanzen sich fort, weniger gut angepasste kommen nicht oder nur in geringem Maße zur Fortpflanzung und sterben relativ schnell aus.
3. Gemeinsame Abstammung der Organismen aus einfachen Urformen. Alle Organismen sind miteinander abstammungsverwandt.
4. Gradualismus und Konzept der Population: Die Phylogenese (Stammesentwicklung) verläuft nicht in Sprüngen, sondern allmählich. Die Prozesse, die neue Arten hervorbringen, führen im Laufe großer Zeiträume zu neuen Gattungen, Familien, Ordnungen usw.
5. Vervielfachung von Arten: Vorläuferformen spalten sich in zahlreiche Tochterspezies auf und führen daher zu Verzweigungen und Nebenästen im Abstammungsschema (Zunahme der Biodiversität) (nach Kutschera 2008, 34).

Darwin leitete seine Selektionstheorie aus folgenden Feststellungen ab:

- Variieren der Tiere und Pflanzen im Naturzustand,
- Erblichkeit wenigstens einiger Merkmale,
- Überproduktion an Nachkommen,
- Konkurrenz an Ressourcen,
- unterschiedlicher Fortpflanzungserfolg aufgrund der unterschiedlichen Merkmale der Individuen.

Darwin unterschied „natürliche Selektion“, d.h. Auslese in Wechselwirkung mit der Umwelt, und „sexuelle Selektion“, d.h. Auslese durch die Sexualpartner. Heute unterscheiden wir umweltbedingte und verhaltensbedingte Selektion, wobei sich letztere auf Rivalenkampf, Arealwahl, soziale Beziehungen, Nahrungserwerb und Sexualverhalten bezieht (vgl. Kattmann 2005). Allerdings erfolgt sexuelle Selektion nicht nur durch Sexualverhalten, sondern auch durch auffallende körperliche Merkmale (z.B. buntes Gefieder bei männlichen Vögeln).

Darwin führte auch den Begriff „Population“ ein. Eine Population ist eine Gruppe potentiell kreuzbarer Organismen, die einen bestimmten geographischen Raum besiedelt, also eine Fortpflanzungsgemeinschaft oder Biospezies.

6. Kampf ums Dasein und Überleben der Tüchtigsten?

Drei von Darwin benutzte Begriffe können zu Missverständnissen führen, die Begriffe „origin of species“ (Ursprung der Arten), „struggle for life“ (Kampf ums Dasein) und „survival of the fittest“ (Überleben der Tüchtigsten).

Ersten schreibt Darwin nichts über den Ursprung, sondern über den Wandel der Arten.

Zweitens ist Kampf ums Dasein nicht wörtlich, sondern als Metapher im Sinne von „Streben nach Überleben“ zu verstehen. So kämpfen Pflanzen überhaupt nicht, sondern wachsen je nach Umweltbedingungen gut, schlecht oder gar nicht. Auch Tiere kämpfen nicht ständig gegen Konkurrenten. Viele Tiere wie Korallenpolypen, Wasserflöhe, Regenwürmer und Schwarmfische kämpfen gar nicht. Und kämpfende Tiere kämpfen meist nur bei besonderen Anlässen. Zur Paarungszeit kämpfen sie gegen Rivalen der Fortpflanzung. Sozial lebende Tiere kämpfen zeitweilig um ihren Platz in der Rangordnung. Revierbesitzende Tiere kämpfen gegen Konkurrenten, wenn diese ins eigene Revier eindringen. Darwin meinte mit dem Kampf ums Dasein einen Wettbewerb um knappe Ressourcen, der mit vielerlei Mitteln von Konkurrenz und Kooperation ausgetragen wird.

Drittens stimmt es nicht, dass nur die Tüchtigsten überleben. Es überleben vielmehr Pflanzen und Tiere unterschiedlicher Fitness. Nur diejenigen Individuen kommen nicht bis zur Fortpflanzung, deren Organismus auf Grund angeborener oder erworbener Defekte nicht oder schlecht funktioniert. Diese Selektion beginnt bereits in der Embryonalzeit, wenn etwa bestimmte Stoffwechselprozesse nicht in Gang kommen oder ein Defekt am Herzen oder der Lunge dazu führt, dass ein Kind sofort nach der Geburt stirbt, weil seine Zellen keinen Sauerstoff erhalten. Dagegen gibt es viele selektionsneutrale Merkmale wie die unterschiedlichen Blattformen von Laubbäumen, die gleich gut nebeneinander wachsen und

sich gleich gut fortpflanzen. Darwin schrieb schon 1859, dass Abänderungen, die weder nützen noch schaden, von der natürlichen Zuchtwahl unberührt bleiben.

Trotz der von Darwin entwickelten und im Prinzip heute noch gültigen Selektionstheorie der Evolution war Darwin wie Lamarck von einer Vererbung erworbener Körpereigenschaften überzeugt.

Die Ursachen der Variation, also Mutationen, konnte Darwin nicht kennen. Man entdeckte sie erst nach seinem Tode. Darwin kannte auch noch nicht die von Gregor Mendel gefundenen Vererbungsregeln, obwohl ihm Mendel seine Veröffentlichung (1866) geschickt hatte. Man fand diese unaufgeschnitten, also auch ungelesen, in Darwins Nachlass.

7. Ernst Haeckel

Der deutsche Zoologe Ernst Haeckel (1834-1919) verbreitete Darwins Lehre in Deutschland und entwarf einen hypothetischen Stammbaum des Menschen, der nur auf morphologischen Ähnlichkeiten beruhte. Durch spätere Forschungen musste dieser Stammbaum erheblich korrigiert werden. Er formulierte die Biogenetische Grundregel, nach der die (embryonale) Individualentwicklung (Ontogenese) eine verkürzte und vereinfachte Wiederholung der Stammesentwicklung (Phylogenese) ist. So besitzt z.B. der frühe menschliche Embryo kienähnliche Spalten am Kopf und einen Schwanz, ein Hinweis auf fischähnliche und reptilienähnliche Vorfahren. Die Larven der Insekten sind wurmförmlich, ein Hinweis darauf, dass Insekten von wurmförmigen Vorfahren abstammen.

Im Gegensatz zu Darwin kämpfte Haeckel vehement gegen die biblische Schöpfungslehre und generell gegen religiöse Vorstellungen und vertrat einen Monismus im Sinne einer darwinistischen Weltanschauung. „Was Darwin an Haeckel zudem beängstigte, war die Kühnheit, mit der dieser trotz der von ihm selbst zugegebenen Unvollständigkeit der geologischen Befunde die einzelnen Zeitperioden angab, in denen die verschiedenen Tiergruppen zuerst erschienen sein sollten.“ (Engels 2007, 136)

8. Sozialdarwinismus

Die weitverbreitete Vorstellung, der von Darwin verwendete Ausdruck „struggle for life“ sei im Sinne eines rücksichtslosen Kampfes aller gegen alle, als egoistische Durchsetzung der eigenen Interessen zu verstehen, ist verfehlt. Darwin vertrat vielmehr die Auffassung, dass wechselseitige Unterstützung, die Kooperation unter den Mitgliedern derselben Bezugsgruppe, das Überleben in der natürlichen Umwelt und unter fremden Gruppen sichert.

Darwin stellt auch kein auf dem Prinzip des „survival of the fittest“ basierendes sozialpolitisches Programm auf, durch das man etwa Menschen mit angeborener geistiger oder körperlicher Behinderung an der Fortpflanzung hindern solle (negative Eugenik) oder geistig und körperlich besonders „wertvolle“ Menschen durch Förderprogramme zur Vermehrung anregen solle (positive Eugenik) (vgl. Engels 2007, 199f.).

Solche Forderungen erhoben aber Sozialdarwinisten wie der Arzt Wilhelm Schallmayer, der Bücher schrieb mit den Titeln „Über die drohende körperliche Entartung der Culturmenschheit und die Verstaatlichung des ärztlichen Standes“ (1891) und „Vererbung und Auslese im Lebenslauf der Völker, Natur und Staat.“ (1903). (vgl. Jahn/Löther/Senglaub 1985, 728). Solche Gedankengänge wurden von Nationalsozialisten gern aufgegriffen und

nach 1933 bis zur Forderung nach Vernichtung „lebensunwerten Lebens“ weitergeführt und praktiziert.

9. Der Neodarwinismus von August Weismann

Der deutsche Zoologe August Weismann entwickelte die Theorie der natürlichen Selektion nach 1890 weiter, indem er Erkenntnisse der Zellforschung und Genetik einbezog. Für diese erweiterte Theorie prägte der Physiologe Romanes 1894 den Begriff „Neodarwinismus“. Es handelt sich um eine Selektionstheorie ohne Annahme einer Vererbung erworbener Eigenschaften. Weismann konnte durch zahlreiche Versuche Lamarcks Behauptung einer Vererbung erworbener Eigenschaften widerlegen, indem er erwachsenen Mäusen die Schwänze abschnitt und zeigte, dass deren Junge stets mit Schwänzen zur Welt kamen. Auch bei Pflanzen konnte man keine Vererbung erworbener Eigenschaften nachweisen.

Als eine Ursache für die Variation innerhalb von Tierpopulationen erkannte Weismann die bei zweigeschlechtlicher Fortpflanzung auftretende Rekombination, d.h. die Durchmischung väterlicher und mütterlicher Erbanlagen.

10. Die Mutationstheorie von Hugo de Vries

Eine zweite Ursache für Variationen sind die von dem Botaniker Hugo de Vries nach 1890 entdeckten Mutationen, die er in seinem Standardwerk „Die Mutationstheorie“ 1901-1903 umfassend beschreibt. Er hatte in groß angelegten Kulturen von Nachtkerzen (*Oenothera lamarckiana*) in sieben Jahren unter rund 50.000 Individuen ca. 800 vom Artcharakter abweichende gefunden die er durch Weiterzucht auf ihre Erbkonstanz prüfte. Unter ihnen ermittelte er eine erbkonstante, „in allen ihren Organen“ klar von *Oe. lamarckiana* unterschiedene „neue“ Form, die er *Oenothera gigas* nannte und über die er berichtete: Sie „entstand also plötzlich, ohne Zwischenform und ohne sichtbare Vorbereitung, wie sie endgültig war, vollzählig in allen ihren Charakteren und ohne jede Rückkehr zum Ursprungstyp“ (de Vries 1900, 124). Er war der Überzeugung, dass die eine Pflanzen-Art „elementare Eigenschaften“ enthält, die „den sichtbaren Eigenschaften und Merkmalen“ zugrunde liegen...“, woraus er schlussfolgert: „So oft eine solche Eigenschaft sich ausbildet, entsteht eine neue Art. Einen solchen Vorgang nennen wir eine M u t a t i o n“ (De Vries Bd 2, 1903, 3). Für diese „elementaren Eigenschaften“ führte der dänische Pflanzenzüchter Wilhelm Johannsen 1909 den Begriff „Gen“ ein.

Während Darwin annahm, dass der Artenwandel durch kleine Erbunterschiede zwischen Individuen einer Art und Selektion erfolgt, vertrat de Vries die Auffassung, sprunghafte Erbänderungen (Mutationen) seien immer drastisch. Diese Annahme erwies sich als falsch.

De Vries war so sehr davon überzeugt, dass die Artbildung nur durch Mutationen erfolgt, dass er schrieb „sind die Arten nicht hervorgebracht worden durch eine fortdauernde Selektion extremer individueller Variationen, wie man es sich gewöhnlich denkt. Diese Annahme ist formell widerlegt durch all das, was die Erfahrungen der Züchter uns über die Selektion gelehrt haben ...“ (De Vries 1900, 305-306)

Durch diese und andere Forschungen der Genetik trat Darwins Selektionstheorie nach 1900 über drei Jahrzehnte lang in den Hintergrund.

11. Chromosomentheorie der Vererbung

Einen großen Fortschritt brachte 1903 die Chromosomentheorie der Vererbung von Theodor Boveri und Walter S. Sutton. Sie erkannten, dass die schon lange bekannten Chromosomen Träger der Erbanlagen sind. Auf diese Weise wurden Chromosomenforschung und Genetik zusammengeführt. Boveri sagte 1903 in einer Rede: „Wir sehen also hier auf zwei Forschungsgebieten, die sich ganz unabhängig voneinander entwickelt haben, Resultate erreichen, die so genau zusammenstimmen, als sei das eine theoretisch aus dem anderen abgeleitet; und wenn wir uns vor Augen halten, was wir aus anderen Tatsachen über die Bedeutung der Chromosomen bei der Vererbung entnommen haben, so wird die Wahrscheinlichkeit, daß die in den Mendelschen Versuchen verfolgten Merkmale wirklich an bestimmte Chromosomen gebunden sind, ganz außerordentlich groß“ (Boveri 1904, 117).

Durch Untersuchungen der Auswirkungen von Crossing-over an unterschiedlichen Stellen von Drosophila-Chromosomen auf die Ausbildung bestimmter Drosophila-Merkmale erkannte man, dass die Gene auf den Chromosomen linear angeordnet sind. Das war die Voraussetzung für die Aufstellung sogenannten Genkarten, in denen angegeben ist, an welcher Stelle welches Gen sitzt.

12. Ursachen von Mutationen

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Genkarten entdeckte man, dass Veränderungen der Anzahl oder der Struktur von Chromosomen zu Mutationen führen. Solche Mutationen konnte Hermann Joseph Muller 1927 durch Bestrahlung von Drosophila mit Röntgenstrahlen künstlich auslösen. Später fand man, dass auch bestimmte Zellgifte wie Colchizin, das Gift der Herbstzeitlose, und sehr hohe oder tiefe Temperaturen mutationsauslösende Faktoren sind. Bei Drosophila steigt bei Erhöhung der Zuchttemperatur von 30° auf 40° die Anzahl der Mutanten auf das 3-5fache

Bei manchen Mutantanten fand man Änderungen in der Struktur und Anzahl der Chromosomen pro Zelle. Bei anderen Mutanten waren aber keine Änderungen an den Chromosomen sichtbar.

Nach Entdeckung der Struktur der DNA fand man, dass solche Mutationen durch die Veränderung einzelner Basen der DNA entstehen. Man unterscheidet heute insgesamt folgende Formen von Mutationen.

1. Gen-Mutationen (Punktmutationen): Veränderung einzelner Basen der DNA. Einige können zu Erbkrankheiten führen. Beispiel Phenylketonurie: Die Aminosäure Phenylalanin kann nicht abgebaut werden. Die Behandlung erfolgt durch ständige Diät ohne Phenylalanin.
2. Chromosomen-Mutationen: Stückverlagerung, Stückumkehr und Stückverlust an Chromosomen (s. Abb. 8).
3. Genom-Mutationen: Änderung der Chromosomenanzahl pro Zelle
 - 3.1. Aneuploidie: Ein oder mehrere Chromosomen fehlen (Monosomie) oder sind mehrfach vorhanden (Polysomie). Ursache ist eine fehlerhafte Verteilung der Chromosomen bei Zellteilungen während der Keimzellbildung. Beispiel: Trisomie 21, die zum Down-Syndrom führt („Mongolismus“)

3.2. Polyploidie: Der ganze Chromosomensatz ist vervielfacht durch fehlerhafte Zellteilung bzw. Ausbleiben der Zellteilung nach Verdopplung der Chromosomen bei der Keimzellreifung. Beispiele: Triploide, tetraploide und hexaploide Chromosomensätze bei bestimmten Kulturpflanzen. Moderne Kulturweizensorten sind hexaploid, die Anzahl der Samen pro Ähre ist viel höher als bei normalen, diploiden Sorten. Polyploide Tiere sind dagegen nicht lebensfähig.

Die meisten Mutationen sind für den Organismus nachteilig, manche bewirken sofort oder wenig später das Sterben des Organismus. Ein Teil der Mutationen hat keine Folgen. Einige Mutationen führen aber zur Zunahme der Genaktivität und z.T. zur Ausbildung eines neuen Phänotyps. Das entsprechende mutierte Gen bezeichnet man als neomorphes Allel.

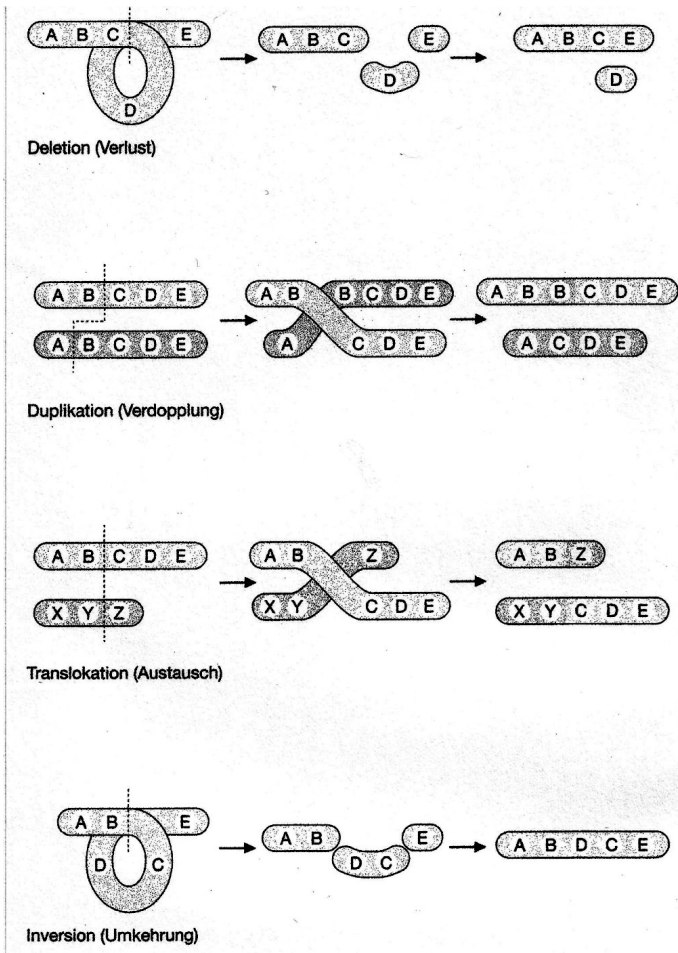


Abb. 8: Chromosomen-Mutationen

13. Die synthetische Theorie der Evolution

Das Zusammenführen der Selektionstheorie Darwins mit der Genetik und damit auch der Mutationstheorie von de Vries gelang nach 1930 Theodosius Dobzhansky mit seinen fundamentalen Arbeiten, die zur Begründung der „Synthetischen Theorie der Evolution“ (1937) führten. Von ihm stammt der berühmte Satz: „Nichts macht Sinn in der Biologie außer im Lichte der Evolution“. Er forschte bis 1927 an der Universität Leningrad und ab 1929 am California Institute of Technology in Pasadena (USA) überwiegend an *Drosophila*-Arten. Zwischen 1920 und 1930 stellte er erstmalig eine zytologische Chromosomenkarte von *Drosophila melanogaster* auf, die an Riesenchromosomen in den Speicheldrüsen von *Drosophila*-Larven zeigt, welche Chromosomenstellen (Genorte) durch ihre Aktivität zu welchen Merkmalen des Tieres führen. Mit seinen Forschungen über die Ursachen der Sterilität von Hybriden kam er zur Formulierung des Begriffes „Isolationsmechanismen“ und zur Erkenntnis, dass die „reproduktive Isolation“ von fundamentaler Bedeutung für den Artbildungsprozess von sexuell reproduzierenden Organismen ist. Als systematische Einheit der Artbildung erkannte Dobzhansky die Population, in der durch Mutationen Varianten entstehen, die durch reproduktive Isolation zu neuen Arten führen, die sich nicht mehr miteinander kreuzen (vgl. Jahn / Löther / Senglaub 1985, 481f.). Damit war die ab 1900 entstandene Kontroverse zwischen der Selektionstheorie Darwins und der Mutationstheorie von de Vries zugunsten einer Synthese beider Theorien aufgelöst worden. Artenwandel erfolgt also durch Mutationen und darauf folgende Selektion. Als weiterer Faktor kommt die Isolation hinzu. Isolationsmechanismen können auf zweierlei Weise wirken:

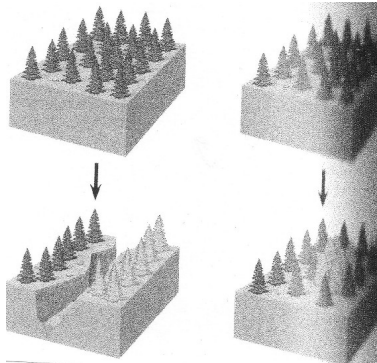


Abb. 9: Allopatrische und sympatrische Artbildung

1. Allopatrische Artbildung: Das ist eine Artbildung durch geographische Isolation einer kleinen Gruppe von Individuen (Gründerpopulation). Sie kann durch das Verdriften von Vögeln auf eine abgelegene Insel (z.B. Darwinfinken der Galapagos-Inseln), durch Gebirgsbildung, einen Grabenbruch, die Verlagerung eines Flusslaufes oder die Zerteilung eines Sees erfolgen. Beispiele findet man in den Seen in den Grabenbrüchen Ostafrikas. Die allopatrische Artbildung wurde besonders von Ernst Mayr 1942 im Detail beschrieben.
2. Sympatrische Artbildung: Das ist eine Artbildung ohne geographische Isolation. Im selben Lebensraum zerfällt eine Tierart (Fortpflanzungsgemeinschaft) in reproductiv isolierte Arten.

Darwin hatte diese Artbildung bereits 1859 postuliert. Bei Blütenpflanzen können durch

Artkreuzung und nachgeschaltete Polyploidisierung auf derselben Rasenfläche neue Arten entstehen (vgl. Kutschera 2008, 76).

Die Entstehung der Fortpflanzungsbarrieren konnte aber bisher nicht eindeutig geklärt werden.

Man vermutet als eine Ursache sympatrischer Artbildung eine Änderung der Ernährungsweise bei einer Teilpopulation, durch die sich diese teilweise der innerartlichen Konkurrenz entzieht und eine abweichende ökologische Nische bildet.

Beispiele sind die Darwinfinken auf den Galapagos-Inseln, die sich auf unterschiedliche Nahrung spezialisierten, und die Buntbarsche ostafrikanischer Seen. Der Viktoriasee ist erst seit 15.000 Jahren wieder mit Wasser gefüllt und enthält bereits 300 Arten von Buntbarschen, die sich aus einer Ursprungsart bildeten. Dies ist ein Beispiel für sehr schnelle Artbildung.

14. Die Erweiterung der Synthetischen Theorie durch die Molekularbiologie

1944 wiesen der Arzt Oswald Avery und Mitarbeiter mit ihren Versuchen an Pneumokokken nach, dass nicht Proteine, sondern Desoxyribonukleinsäure (DNA) die stoffliche Grundlage der Gene bildet. Damit begann die Molekularbiologie, die nach Aufklärung der Struktur der DNA-Moleküle durch James D. Watson und Francis H. Crick 1953 eine beispiellose Entwicklung nahm.

Die Synthetische Theorie der Evolution wurde durch die Molekularbiologie nicht nur bestätigt, sondern auch erweitert. Die „Grundregel der Molekularbiologie“ besagt, dass bei allen Lebewesen der Bauplan des Individuums in der DNA verschlüsselt ist und dass die genetische Information durch Vermittlung der RNA auf die Proteine im Zellplasma übertragen wird. Lediglich bei einigen Viren, den Retroviren, ist die genetische Information in RNA gespeichert.

Die Synthetische Theorie postuliert einen Variationengenerator, der durch Rekombination und erbliche Mutationen zu Veränderungen der Merkmale und damit zur Evolution der Organismen führt. Änderungen der Merkmale führen dagegen nicht zur Änderung der Gene.

Die Molekularbiologie bestätigt diese Erkenntnis. Mutationen gehen auf Änderungen der DNA oder Veränderung oder Vervielfachung der Chromosomen, die aus DNA bestehen, zurück. Handelt es sich dabei um DNA von Körperzellen (somatische Mutation), verändern sich nur diese. Handelt es sich aber um DNA von Keimzellen (Samen- oder Eizellen) oder Zellen der Keimbahn, die zu Keimzellen werden, dann geht die Veränderung auf die folgenden Generationen über, ist also erblich (Keimbahn-Mutation). Veränderungen des Zellplasmas führen dagegen niemals zur Veränderung der DNA-Sequenz. Die Molekularbiologie bestätigt also die Erkenntnis der Synthetischen Theorie, dass es keine Vererbung erworbener Eigenschaften gibt.

Nicht jede Änderung der Basensequenz der DNA führt zu einer Merkmalsänderung. Es gibt aber Fälle, bei denen die Änderung einer einzigen Base der DNA in einer Keimzelle zu einer schweren Erkrankung führt. Ein Beispiel ist die Phenylketonurie (PKU). An einer bestimmten Stelle der DNA ist eine Base verändert (Punktmutation). Dieser Fehler wird bei der Entwicklung des Organismus aus der befruchteten Eizelle an alle Körperzellen weitergegeben. Die Folge ist, dass ein bestimmtes Enzym, das den Abbau der Aminosäure Phenylalanin bewirkt, fehlerhaft und damit funktionslos wird. Dadurch häuft sich

Phenylalanin in den Zellen an, das zu einer Schädigung der Nerven mit schwersten geistigen Schäden, Lähmungen und Krämpfen führt. Ein Kind mit PKU kann nach der Geburt nur überleben, wenn es ständig eine Diät erhält, in deren Eiweiß nur sehr wenig Phenylalanin vorhanden ist. Ganz darf diese essentielle Aminosäure nicht fehlen, weil sonst schwere Mangelercheinungen auftreten. Erst nach dem 15. Lebensjahr, wenn das Gehirn ausgereift ist, kann eine eiweißarme Diät mit normalem Phenylalaninanteil genommen werden.

Molekulare Uhren

Je näher Organismen miteinander verwandt sind, desto ähnlicher ist die Reihenfolge ihrer Basen in der DNA und der Aminosäuren in bestimmten Proteinen. Man kann also aus der Ähnlichkeit der DNA und der Proteine auf den Grad der Verwandtschaft zwischen Arten schließen. Je näher zwei jetzt lebende Organismen miteinander verwandt sind, desto weniger weit muss man in die Vergangenheit zurückgehen, um den letzten gemeinsamen Vorfahren zu finden. Durch Sequenzvergleich und Auswertung der Daten mit speziellen Computerprogrammen kann man den Verwandtschaftsgrad der Organismen abschätzen und einen Gen-Stammbaum oder Protein-Stammbaum ermitteln. Diese Methode wird als „molekulare Uhr“ bezeichnet. Die Uhr wird zu Beginn der Analyse mit einem sicheren Fossil-Alterswert geeicht (Divergenzzeit zweier großer Organismengruppen). Die Gen-Sequenzdaten liefern dann eine Abschätzung des Zeitpunktes, seit dem eine Vermischung der Erbanlagen der untersuchten, noch nicht datierten Art angehört. Somit liefert die molekulare Uhr die Zeitspanne, die seit der Aufspaltung einer Art in zwei abgeleitete, reproduktiv isolierte Arten bis heute vergangen ist (nach Kutschera 2008, 168).

15. Wie erfolgt die Makro-Evolution?

Darwin und Haeckel maßen der Embryologie (heute Entwicklungsbiologie) eine große Bedeutung zu. Während der Ausarbeitung der Synthetischen Theorie beteiligte sich die Embryologie aber nicht an Arbeiten der Evolutionstheorie. Das änderte sich nach 1980: Es kam zur Wiedervereinigung von Entwicklungs- und Evolutionsbiologie. Die neue Forschungsrichtung heißt „Evolutionäre Entwicklungsbiologie“, Evolutionary Developmental Biology oder kurz „Evo Devo“-Forschung. Ihr Ziel ist es, die Evolution von Entwicklungsprozessen zu entschlüsseln und zu ergründen, wie die unterschiedlichen Körper-Baupläne rezenter und ausgestorbener Organismen entstanden sind.

Charles Darwin war der Überzeugung, dass die Evolution nur graduell, in kleinen Schritten abläuft. „Natura non facit saltum“ war seine Devise.

Der Genetiker William Bateson (1861-1926) beobachtete aber, dass zuweilen ganze Körperteile eines Organismus von einer Generation zur nächsten die Form und Funktion eines anderen Körperteils annehmen können. Diese Form der drastischen Transformation nannte er homeotische Mutationen. Solche sehr seltenen Ereignisse bestärkten Bateson in der Überzeugung, dass innovative Sprünge in der Evolution möglich, ja vielleicht sogar typisch sind. So vertrat er die Vorstellung einer nicht-graduellen, saltatorischen Evolution (vgl. Meyer 2008, 7).

Inzwischen kennt man die genetische Basis einiger Batesonschen homeotischen Transformationen, die grundsätzlich aus einer Libelle mit vier Flügeln eine Fliege mit nur zwei Flügeln machen können. Heute ist klar, dass nur eine kleine Anzahl von Mutationen in entscheidenden Genen zum Teil große Veränderungen hervorrufen können.

Diese Mutationen betreffen oft Gene, die die Funktion anderer Gene kontrollieren. Meist stehen sie nahe der Spitze der Befehlskaskade entwicklungsbiologische Prozesse. Eine Klasse solcher Transkriptionsfaktoren, die Homeobox-Gene, abgekürzt Hox-Gene, spielen in der Embryonalentwicklung eine entscheidende Rolle. Hox-Gene bestimmen grundlegende Merkmale, z.B. wo sich bei Vögeln Flügel und Beine entwickeln. In den meisten Tierstämmen sind die Hox-Gene in kompletten Clustern auf Chromosomen angeordnet. Der einmal entstandene Mechanismus konnte sich evolutionäre nicht mehr groß verändern. Verdopplungen eines Hox-Clusters können zu großen Veränderungen führen und damit die Makroevolutionsschritte bewirken (a.a.O., 7)

16. Umwelteinfluss durch Springende Gene

Die DNA der Eukaryoten, also aller Organismen außer Bakterien und Archaea (Archebakterien), lässt sich im Hinblick auf ihre Funktionen drei unterschiedlichen Gruppen zuordnen:

1. Strukturgene: Sie codieren die Proteine des Organismus, d.h. sie bestimmen die Reihenfolge ihrer Aminosäuren, machen aber nur wenige Prozente der Gesamt-DNA aus.
2. Regulationsgene: Sie schalten die Strukturgene ein und aus. Jede Zelle des Körpers enthält alle Gene des Organismus, aber nur wenige Gene sind eingeschaltet. So produzieren Zellen der Oberhaut Horn, die Zellen der Magenwand aber Pepsinogen und Salzsäure.
3. Springende Gene (Transposons, transposable elements, TEs): Das sind DNA-Abschnitte, die innerhalb des Genoms einer Zelle den Ort wechseln können und beim Menschen 45 % der DNA ausmachen. Sie können Genaktivitäten regulieren und Mutationen auf Gen- und Genom-Ebene erzeugen. Sie übermitteln den Genen Umweltbedingungen, können Krankheiten verursachen und treiben die Evolution von Genomen und damit von Populationen und Arten voran.

- aus techn. Gründen nicht verfügbar, d. Redaktion -

Abb. 10: Wechselspiel zwischen Genom und Umwelt und dessen Einfluss auf die Artbildung (nach Biemont/Vieira 2007)

Die Frage, wie die Umwelt die Gene beeinflusst, kann man heute so beantworten:

Bei einigen Genen hängt die phänotypische Ausprägung davon ab, ob sie von der Mutter oder vom Vater geerbt wurden. Ursache ist die genomische Prägung (Imprinting). Darunter versteht man die Markierung von Genen, indem Methylgruppen (CH₃-Gruppen) an die Cytosin-Nukleotide eines der beiden Allele (des mütterlichen oder des väterlichen Allels) angehängt werden.. Stark methylierte Gene „verstummen“, d.h. sie werden inaktiv. In diesen Fällen wird das Allel benutzt, das die Prägung nicht trägt. In der Folgegeneration werden die Prägungen in den gametenbildenden Zellen gelöscht und alle Chromosomen werden entsprechend dem Geschlecht des Individuums, in dem sie sich befinden, neu geprägt.

Stress von außen, z.B. auch Temperaturänderungen, verändert die Methylierung von Genen, die dadurch inaktiv werden (Epigenese). TEs leiten eine Methylierung benachbarter Gene entweder direkt ein oder sie stören den epigenetischen Status eines Gens ihrer Nachbarschaft.

Die Methylierung von Genen kann lange anhalten und auf spätere Generationen vererbt werden. Der Umwelteinfluss hat hier also nicht die Gene verändert, sondern nur die Genexpression und damit die Merkmals-ausbildung (vgl. Campbell/Reece 2003, 334).

17. Zur Entwicklung des Lebens auf der Erde

Die chemische Evolution in der Frühzeit der Erde

Nachdem sich vor ca. 4.2 Mrd. Jahre die feste Erdkruste, Urozeane und eine sauerstofffreie Atmosphäre gebildet hatten, waren die Bedingungen für die Bildung organischer Stoffe aus anorganischen Stoffen gegeben. Über das wie dieser chemischen Evolution gibt es mehrere Hypothesen.

1. Die Ursuppen-Hypothese

Der berühmte Versuch des amerikanischen Chemiker S.L. Miller i Labor von H.C. Urey Anfang der 1950er Jahre zeigte, dass in einem erhitzten Gemisch der Gase Methan (CH₄), Ammoniak (NH₃), Wasserdampf (H₂O) und Wasserstoff (H₂) das elektrischen Entladungen ausgesetzt wird, in Abwesenheit von Sauerstoff innerhalb einiger Tage mehrere organische Stoffe wie Aminosäuren, Harnstoff und organische Säuren entstehen. Der Versuch wurde von anderen Autoren mehrfach wiederholt und führte zu ähnlichen Ergebnissen. Durch Variation der Versuchsbedingungen und Zugabe katalytisch wirkender Tonmineralien konnten auch verschiedene Zucker, Fettsäuren und die Nukleinsäurebase Adenin synthetisiert werden. Adenin ist ein zentraler Baustein von DNA, RNA und ATP (Adenosintriphosphat), das als Energieträger in allen Zellen wirkt.

In der sauerstofffreien Uratmosphäre der jungen Erde entstanden (wie im Miller-Versuch) aus anorganischen Stoffen 10 Mill. t organischer Stoffe pro Jahr. Es entstanden organischer Filme an Gesteinsoberflächen in hoher Konzentration. Wie daraus aber Organismen entstanden sein können ist unklar, denn wenn komplexe organische Moleküle gebildet wurden, zerfielen diese auch wieder.

2. Die Impact-Hypothese

Später fand man organische Stoffe auch in Meteoriten, in Kometen und im interstellaren Raum. Selbst dort konnte man mit Hilfe der Spektralanalyse ca. 100 verschiedene organische Verbindungen nachweisen (Ponnamberuma 1992, nach Walter 1999, 106; Tian et al. 2005).

Da in der Frühzeit der Erde wesentlich mehr Meteoriten auf die Erde fielen als heute, ist es sehr wahrscheinlich, dass dabei auch organische Stoffe aus dem Weltraum zur Erde gelangten.

Für die Annahme, dass auch Urlebewesen aus dem Weltraum über Asteroide bzw. Meteoriten auf die junge Erde gelangt sein könnten und sich hier weiterentwickelten, gibt es aber keine Belege.

3. Die Vulkanschlot-Hypothese

Viele Archebakterien, die zu den primitivsten heutigen Organismen gehören, leben in heißen Quellen. Der deutsche Chemiker G. Wächtershäuser postuliert, dass die chemische Evolution nicht in einer Ursuppe, sondern auf heißen Eisen- und Nickel-Mineral-Oberflächen in der Nähe untermeerischer Vulkanschlote begann. Gase dieser Schlote enthielten

Schwefelwasserstoff (H₂S) und Eisensulfid (FeS), die zu Pyritkristallen (FeS₂) und Wasserstoff reagierten. Aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid sollen Aminosäuren und andere organische Verbindungen entstanden sein.

1998 gelang der Nachweis, dass unter solchen Reaktionsbedingungen von außen hinzu gegebene Aminosäuren aktiviert werden und sich zu Di- und Tripeptiden zusammenlagern, die Bausteine der Proteine sind. Die Energie zur Biosynthese solcher Verbindungen wurde durch Bildung von Pyrite aus FeS und H₂S bereitgestellt (Wächtershäuser 2006, nach Kutschera 2008, 136).

Die Entstehung der ersten Organismen

Auch über die Entstehung von Lebewesen aus organischen Stoffen gibt es mehrere Hypothesen. Nur die jüngste, erst 2009 veröffentlichte Hypothese soll hier vorgestellt werden. Sie wird von dem amerikanischen Geologen Mike Russell (Pasadena) in Kooperation mit dem deutschen Botaniker William Martin (Universität Düsseldorf) vertreten.

Danach bildeten sich vor 4 Mrd. Jahren die ersten Zellen, noch ohne genetisches Material, in Poren kalkiger Schlote, aus denen am Meersgrund mineralhaltiges Wasser mit maximal 90°C ausströmte. Solche Schlote gibt es heute noch. An den Schloten mischte sich das heiße, mineralhaltige Quellwasser mit dem kalten, kohlensäurehaltigen Meerwasser. Das chemische Gefälle zwischen beiden Flüssigkeiten setzte Reaktionen in Gang, in deren Verlauf einfache organische Moleküle entstehen. Die Poren der Schlotwände haben nur so kleine Durchlässe, dass nur kleine Moleküle ins Innere gelangen. Dort können sich kurze Molekülketten zu längeren Ketten vereinigen, die wegen ihrer Größe die Poren nicht mehr verlassen können, während die kleinen Moleküle von Abfallstoffen wieder nach draußen gelangen. An den Innenwänden der Poren lagern sich wasserabweisende (lipophile) Verbindungen an, die mit der Zeit eigenständige Hüllen bilden, die ebenfalls nur für kleine Moleküle durchlässig sind. Dort, wo die kalkigen Poren aufbrechen, können die ersten „Uzellen“ ihre Gehäuse verlassen.

Beide Forscher arbeiten an einem Generator, der die Bedingungen an solchen heißen Quellen simuliert und organische Stoffe bis hin zu Proteinen erzeugen soll.

3 In den Poren der Schlotwände können sich immer längere Molekülketten anreichern. Kurze Moleküle, die bei den Reaktionen ebenfalls entstehen, entweichen durch die halbdurchlässigen Wände. So bilden die Poren eine Vorform der lebenden Zelle.

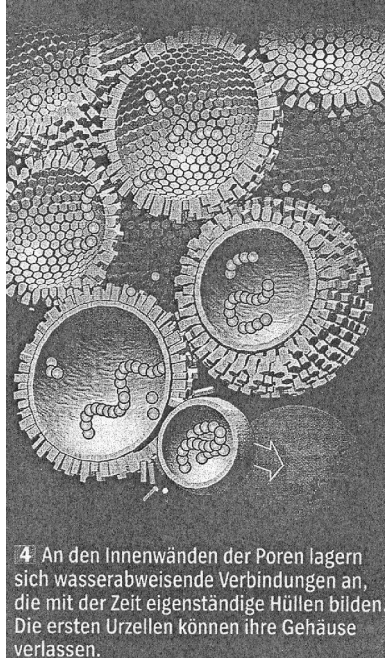


Abb. 11: Entstehung der ersten Zellen im Inneren von halbdurchlässigen Gesteinsporen nach Russell und Martin

Solche „Zellen“ können sich noch nicht selbst vermehren. Dazu bedarf es der RNA-Moleküle, die zur Selbstverdopplung fähig sind. Außer normalen RNA-Molekülen gibt es die um 1980 von Cech und Mitarbeitern entdeckten Ribozyme, die sich selbst vermehren und gleichzeitig als Enzyme wirken, d.h. Reaktionen organischer Moleküle katalysieren. Sobald solche Ribozyme in den Urzellen aus kurzen RNA-Bausteinen entstanden waren, konnte der Stoffwechsel schneller ablaufen und die Zellen sich auch teilen. Wie das zustande kam, ist noch nicht bekannt. Es wird aber vermutet, dass es in den Metallsulfidblasen an Tiefseequellen zu einer Co-Evolution von RNA und Peptiden gekommen ist. Adenosinmonophosphat (AMP) polymerisierte wahrscheinlich zu kurzen RNA-Ketten. Diese konnten Aminosäuren kurzzeitig binden und miteinander zu Peptiden verkoppeln, so wie das Transfer-RNA heute noch tut. So konnte man nachweisen, dass der RNA-Baustein Polyadenosin aus einer verdünnten wässrigen Lösung von Aminosäuren die Aminosäure Lysin auswählt. Tatsächlich codiert das Triplett AAA auch heute noch Lysin. Nach Ansicht von Copley und Smith wählten Nukleotide nicht nur anderswo gebildete Aminosäuren aus, sondern stellten sie sogar selbst her (vgl. Russell 2007, 79).

Einig sind sich die Forscher, dass die ersten vor mehr als 3,8 Mrd. Jahren entstandenen bakterienähnlichen Zellen einsträngige RNA als genetische Substanz hatten. Deshalb spricht man von RNA-Welt. Erst später, wahrscheinlich vor ca. 3,5 Mrd. Jahren, entstand die doppelsträngige und damit stabilere DNA.

Die ältesten nachgewiesenen Organismen

Dass es vor 3,8 Mrd. Jahre bereits Organismen gab, weiß man durch Funde, bei denen organischer Kohlenstoff angereichert ist, den man an einem bestimmten Mengenverhältnis der Kohlenstoff-Isotope ^{12}C und ^{13}C erkennt. Man bezeichnet dies als Isotopensignal $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$.

Die ältesten Fossilien von Bakterien sind 3,5 Mrd. Jahre alt. Sie dürften bereits DNA besessen haben.

Vor 2,7 Mrd. Jahren gab es die ersten Cyanobakterien. Sie setzten Sauerstoff frei, der zunächst Eisen oxidierte und seit 2,3 Mrd. Jahren in die Atmosphäre gelangt. Die ersten einzelligen Eukaryoten entstanden vor 2,1 Mrd. Jahren, die ersten mehrzelligen Organismen (Algen) vor 1,2 Mrd. Jahren (Campbell/Reece 2003, 611/612)

Die Entstehung echter Zellen (Eucyten) durch Endosymbiose

Symbiosen zwischen Organismen sind eine treibende Kraft der Evolution.

Die Endosymbiontentheorie besagt, dass in der Frühzeit des Lebens, als es nur Bakterien und Archebakterien gab, durch eine Symbiose zwischen Archebakterien und Bakterien, die in Archebakterien einwanderten, die ersten echten Zellen (Eucyten) und damit die Vorläufer aller Einzeller, Pflanzen, Pilze und Tiere entstanden..

Echte Zellen (Eucyten) haben Durchmesser zwischen 5 und 200 μm , besitzen einen Zellkern, in dem sich DNA befindet, und enthalten im Plasma Mitochondrien von ca. 1 μm Breite. Grüne Pflanzenzellen besitzen zusätzlich Chloroplasten von ca. 3 μm Durchmesser. Mitochondrien liefern Energie durch die Veratmung von Nährstoffen mit Hilfe von Sauerstoff. Chloroplasten erzeugen mit Hilfe von Licht aus CO_2 und H_2O Kohlenhydrate.

Mitochondrien und Chloroplasten besitzen etwas DNA und können sich vermehren.

Bakterienzellen (Procoyten) haben dagegen nur Durchmesser von 0,3 bis 3 µm, besitzen weder Mitochondrien noch Chloroplasten und auch keinen Zellkern. Ihre DNA liegt frei im Plasma (s. Abb. 12)

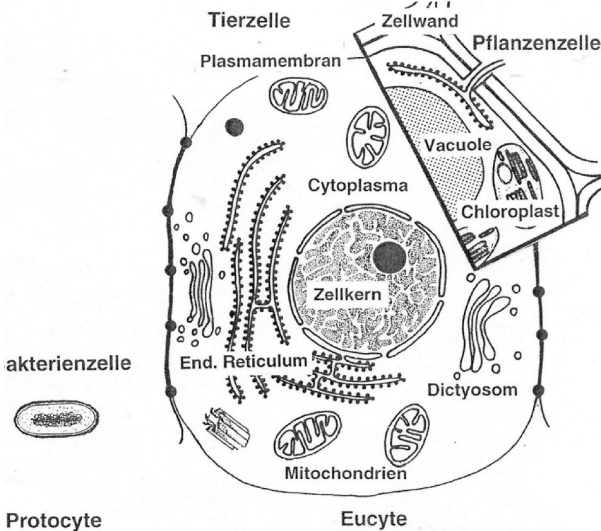


Abb. 12: Feinbau einer Bakterienzelle (Protocyte) und einer echten Zelle (Eucyte)

Viele Bakterien gewinnen aber ihre Energie auch durch Atmung, und Cyanobakterien (früher Blaualgen genannt) betreiben Fotosynthese.

Bereits 1905 veröffentlichte der russische Biologe Constantin Mereschkowsky die Hypothese, dass Chloroplasten aus Cyanobakterien (Blaualgen) hervorgegangen sind, die in der Frühzeit der Evolution in nichtgrüne echte Zellen eingewandert sind und dort in Symbiose mit der Zelle lebten (Symbiogenesis-Konzept).

1923 veröffentlichte der amerikanische Anatom Ivan Wallin die Hypothese, dass auch die Mitochondrien der Tier- und Pflanzenzellen aus eingewanderten, ehemals frei lebenden Bakterien hervorgegangen sind (vgl. Kutschera 2008, 146). Diese Hypothesen wurden damals nicht ernst genommen.

Nach 1960 formulierte die russisch/amerikanische Biologin Lynn Margulis nach Studien über cytoplasmatische Vererbung, also Vererbung außerhalb des Zellkerns, die Theorie der seriellen primären Endosymbiose. Danach sind in der Frühzeit der Evolution nacheinander Bakterien in Zellen eingewandert und dort zu Mitochondrien geworden, danach wanderten Cyanobakterien ein und wurden zu Chloroplasten. Die Urzelle soll durch Symbiose mit Spirochaeten mit wandlosen Archebakterien entstanden sein (Margulis 1993). Der Ursprung der Wirtszellen, die vor der Endosymbiose die Urozoen besiedelten, ist unbekannt.

Spätere Forschungen haben aber ergeben, dass die Eucyten wahrscheinlich nicht durch Einwanderung von Bakterien in eine vorhandene Eucyte, sondern im sauerstofffreien Urozean durch Aufnahme eines Bakteriums in ein größeres Archebakterium entstanden sind und der Zellkern erst danach entstand (s. Abb. 13).

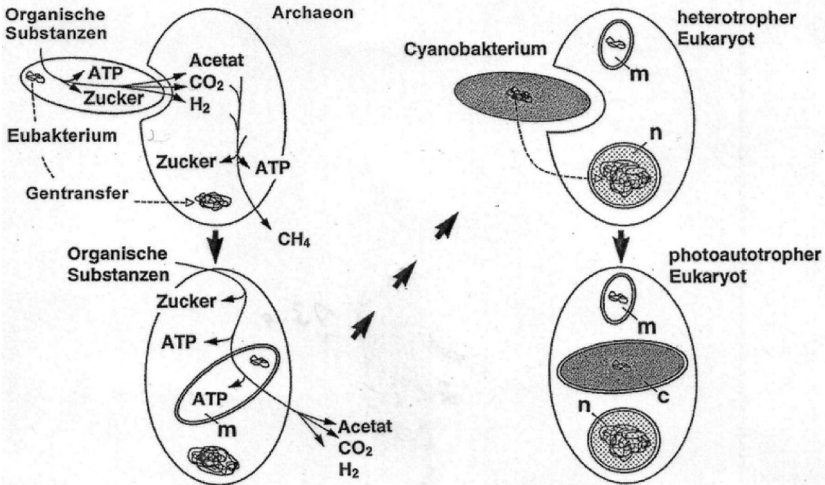


Abb. 13: Endosymbiose. A Wasserstoffhypothese der primären Endosymbiose (Modell von W. Martin und M. Müller), B Zeitlicher Verlauf der primären Endosymbiose

Zwei Gründe führten zu dieser Hypothese:

1. DNA-Sequenzanalysen führten zu dem Ergebnis, dass die Gene in Kernen der Eucyten aus zwei Bereichen entstammen: aus den Eubakterien (Bacteria) und den Archebakterien (Archaea).
2. Viele Bakterien sind in der Lage, aus ihrer Umwelt gelöste organische Stoffe aufzunehmen und daraus Energie und Zucker zu gewinnen, wobei als Ausscheidungsprodukte Wasserstoff, Kohlendioxid und Acetat abgegeben werden. Bestimmte Archebakterien können diese Produkte als Energiequelle nutzen und dabei Methan freisetzen.

Aus diesen und anderen Befunden wurde 1998 die Wasserstoffhypothese der primären Endosymbiose abgeleitet (Martin/Müller-Hypothese). In einem zweiten Schritt soll ein Teil dieser Tierzellen später durch Aufnahme frei lebender Cyanobakterien zu einer chlorophyllhaltigen Pflanzenzelle geworden sein (vgl. Kowallik 1999).

Den Verlauf der Evolution von der Entstehung der Erde bis zur Entstehung der Tiere, Pilze und Pflanzen zeigt Abb. 14.

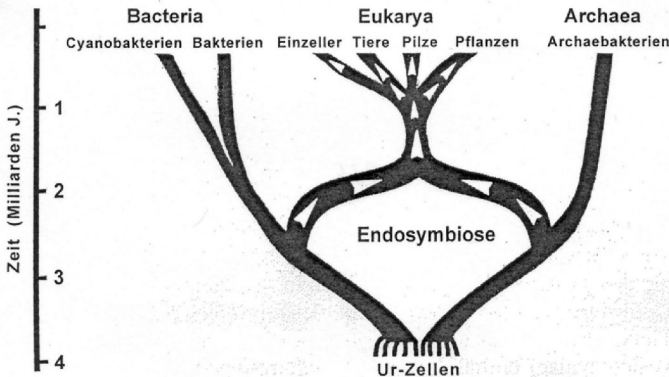


Abb. 14: Geologische Zeitskala mit Schlüsselereignisser pro- und eukaryotischen Zell-Evolution (nach Kutschera und Niklas 2005)

Die Entstehung der Wirbeltiere

Evo Devo-Forscher nehmen an, dass vor 520 Mio Jahren beim Vorfahren der Wirbeltiere eine Verdopplung eines Hox-Clusters dazu führte, dass genetisches Material verfügbar war, das zur Entstehung der ersten Wirbeltiere führte. Eines der Cluster-Duplikate könnte völlig neue Aufgaben übernommen haben, z.B. die Steuerung der Entwicklung einer Wirbelsäule.

Später, vor 425 Mio Jahren kam es zu einer zweiten Verdopplung der beiden Cluster, wodurch die vier Cluster entstanden, die bei den meisten Wirbeltieren vorkommen. Dies ermöglichte noch mehr strukturelle Komplexität, etwa die Entwicklung des Kiefers und der Extremitäten (nach Campbell/Reece 2003, 563, s. Abb. 15).

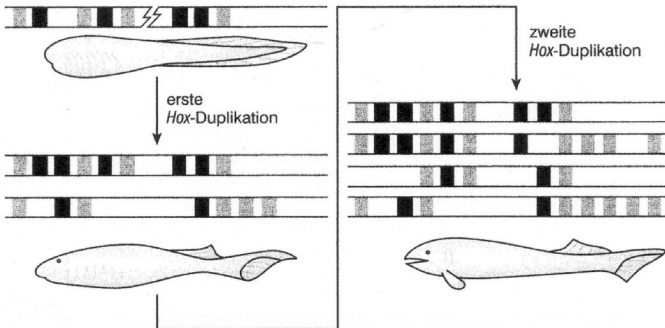


Abb. 15: Verdopplung des gleichen Hox-Clusters vor 520 und 425 Mio Jahren, die möglicherweise zur Entstehung der Wirbeltiere, des Kiefers und der Extremitäten führte

Im Devon, vor etwa 420 Mio Jahren lebten Fische mit 4 Extremitäten mit einem Oberarmknochen und zwei Unterarmknochen. Diesen Aufbau zeigen auch die Extremitäten aller landlebenden Wirbeltiere. Diese Extremitäten hatten am Ende je nach Art 5 bis 12 Finger. Von einem Fisch, dessen Extremitäten nur 5 Finger hatten, stammen alle Amphibien,

Reptilien, Vögel und Säugetiere ab. Die Fünffingrigkeit blieb während der 420 Mio Jahre dauernden Evolution aller Landwirbeltiere erhalten. Bei einigen bildeten sich einige Finger zurück, z.B. bei Pferden. Aber embryonal sind auch dort alle 5 Finger angelegt (Meyer 2009)

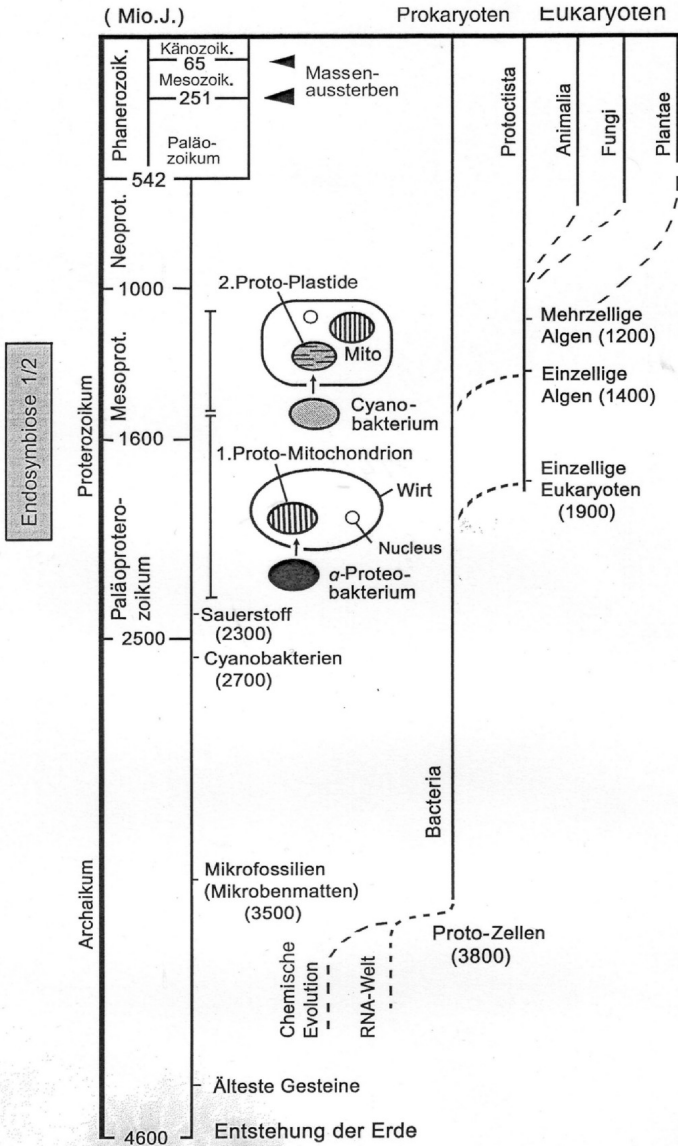


Abb. 16: Skelett des tetrapoden, siebenfingrigen Fisches Acanthostega aus dem Devon

Ob die Evolution stärker durch wenige Mutationen in wenigen Genen mit großen Effekten oder durch viele Mutationen mit kleinen Effekten vorangetrieben wurde, bleibt noch offen (vgl. Meyer 2008, 9)

Die Auslöschung von Organismen durch erdgeschichtliche Katastrophen

Mehrfach in der Erdgeschichte traten Katastrophen auf, bei denen bis zu 90% aller Organismen ausgelöscht wurden.

1. Die präkambrische Vereisung:

An der Wende vom Präkambrium zum Kambrium, vor ca. 600 Mill. Jahren, war die Erde weitgehend vereist. 75 % aller Arten starben aus. Vulkane, die auch während der Vereisung aktiv waren, reicherten die Atmosphäre zunehmend mit CO₂ an. Dadurch erwärmte sich die Atmosphäre und das Eis schmolz weitgehend ab. Die Erwärmung der Ozeane führte besonders in den Flachwasserbereichen zu einer schnellen Entwicklung der Organismen. Innerhalb weniger Millionen Jahre entstanden fast alle heute noch existierenden Tierstämme. Man spricht deshalb von der kambrischen Explosion der Arten.

2. Artensterben am Ende des Perm:

Vor 251 Mill. Jahren erfolgte die größte Massenauslöschung von Organismen. 70 % der Landorganismen und 90 % der Meeresorganismen starben aus. Als Ursache vermutet P.D. Ward (Spektrum 3/2007) eine Zunahme an giftigem Schwefelwasserstoff in oberflächennahem Wasser bei gleichzeitiger Abnahme von Sauerstoff. Dies ging wahrscheinlich zurück auf eine Zunahme vulkanischer Aktivität, bei der die großen Trapp-Basaltdecken in Sibirien entstanden. Dabei gelangte viel CO₂ und Methan in die Atmosphäre, wodurch sich diese stark aufheizte. Dadurch konnte weniger Sauerstoff im Ozean gelöst werden. Schwefelwasserstoff und davon lebende Bakterien stiegen vom Meeresgrund bis zur Wasseroberfläche. Die auf Sauerstoff angewiesenen Organismen erstickten. Aus dem Wasser aufsteigender Schwefelwasserstoff verteilte sich in der Atmosphäre, vergiftete Pflanzen und Tiere, erreichte die Ozonschicht und löste diese auf. Dadurch drang UV-Licht tiefer in die Atmosphäre ein und vernichtete einen Großteil der verbliebenen Organismen. Das Ende dieser Vorgänge könnte erfolgt sein durch Abnahme der vulkanischen Aktivität und die allmählich Zunahme der Sauerstoffproduktion durch die überlebenden Cyanobakterien (Blaualgen) der Ozeane.

3. Das Aussterben der Dinosaurier am Ende der Kreidezeit

Vor 65 Mill. Jahren, am Ende der Kreidezeit erschütterte die Erde ein Ereignis globalen Ausmaßes. Auf der Halbinsel Yucatan am Golf von Mexiko schlug ein Asteroid von ca. 10 km Durchmesser mit einer Geschwindigkeit von 25 km/s auf die Erde. Dieser Einschlag ist belegt durch den inzwischen gefundenen 180 km breiten Chicxulub-Krater und eine weltweit vorhandene Iridiumschicht aus dieser Zeit, die beim Aufprall entstand. Eine hohe Flutwelle überschwemmte weite Teile Mittelamerikas. Die beim Aufschlag entwickelte Hitze führte zu langanhaltende Waldbränden auf großen Flächen. Die beim Aufprall aus dem Einschlag-Krater ausgeschleuderten Mengen an Staub gelangten in die obere Atmosphäre und umkreisten als riesige dunkle Wolke, die die Sonne verdunkelte, jahrelang die Erde. Die Folge war ein Rückgang der Fotosynthese und damit der

Vegetation. 70 % der Pflanzen und Tiere starben aus. Tiere, die große Mengen Nahrung brauchten, wie die großen Dinosaurier verhungerten schnell und starben zuerst aus. Lediglich kleine Formen und eine Teil der Vögel (Nachkommen der Dinosaurier) blieben erhalten. Damit erhielten in der darauf folgenden warmen Tertiärzeit die ursprünglich kleinen Säugetiere, die in Wohnhöhlen im Boden Schutz vor Dinosauriern gefunden hatten, die Chance, frei lebende Großformen bis hin zu Elefanten zu entwickeln.

Es wird jedoch bezweifelt, ob dieser Einschlag allein ausreichte, das Artensterben weltweit zu erklären, zumal durch eine Bohrung ermittelt wurde, dass die Iridiumschiicht 200.000 bis 300.000 Jahre jünger als dieser Krater ist. Wahrscheinlich ging etwas später ein noch größerer Asteroid auf die Erde nieder, der aber ins Meer schlug, so dass sein Krater heute nicht mehr zu finden ist. Außerdem gab es gegen Ende der Kreidezeit einen starken Vulkanismus, durch den z.B. die Trapp-Basalte des indischen Dekkan-Plateaus entstanden. Die Vulkane brachten giftige Gase in die Atmosphäre, die die Vegetation und Tierwelt schon dezimiert hatten, bevor der oder die Asteroiden einschlugen (vgl. die Diskussion dieser Fragen im Internet).

18. Zur Evolution des Menschen

Ernst Haeckel veröffentlichte bereits 1903 einen Stammbaum des Menschen, der die Gestalt einer knorriger Eiche hatte und an dessen Gipfel der Mensch stand (s. Abb. 17).

Vieles an diesem Stammbaum war spekulativ, weil Forschungsergebnisse fehlten, und kann deshalb heute nicht mehr aufrecht erhalten werden.

Die Forschung zur Evolution des Menschen machte seit der Zeit Darwins große Fortschritte. Dies geht vor allem auf drei Ursachen zurück:

1. Man fand in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Fossilien von Primaten, die man recht genau datieren kann.
2. Durch den Vergleich der DNA und bestimmter Proteine bei heute lebenden Primaten konnte man die Verwandtschaft zwischen diesen Primaten aufklären.
3. Es ist seit einigen Jahren möglich, z.T. mehrere 100.000 Jahre alte, geringe DNA-Reste in menschlichen Fossilien, z.B. auch von Neandertaler-Menschen, mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) so weit zu vervielfältigen, dass man Ihre Basenreihenfolge entschlüsseln und mit der lebender Menschen vergleichen kann (vgl. Krings et al. 1997; Blin & Pusch 2006).

So kann man gegenwärtig folgende Ereignisse der Primatenevolution datieren:

Die ersten Halbaffen traten vor 50-60 Millionen Jahr im sehr warmen, frühen Tertiär auf. Sie konnten sich gut entwickeln, weil die gefährlichsten Feinde der Säugetiere, die Raubdinosaurier, vor 65 Mill. Jahren infolge des großen Asteroiden-Einschlags ausgestorben waren.

Vor 36 Mill. Jahren starben allerdings die meisten Primaten infolge einer weltweiten Abkühlung aus. Danach entwickelten sich die echten Affen, und vor 9 Mill. Jahren erschienen die ersten Menschenaffen.

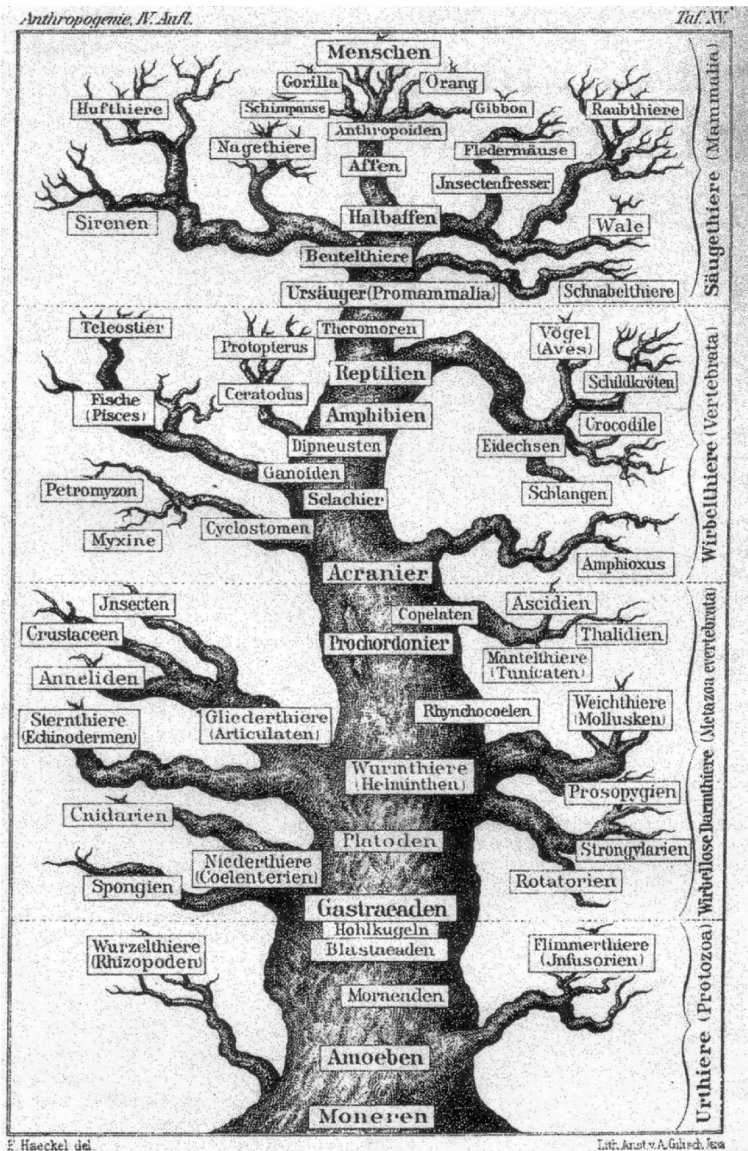


Abb. 17: Stammbaum des Mensch nach Ernst Haeckel (1903)

Die Trennung der Linien von Schimpanse und Mensch erfolgte vor 5-7 Mill. Jahren. Australopithecus-Arten mit aufrechtem Gang lebten vor 4-2 Mill. Jahren. Erst danach vergrößerte sich das Gehirn unsere Vorfahren sehr stark.

Die Gattung Homo erschien vor 2,5 Mill. Jahre, der archaische Homo sapiens vor 600.000 Jahren und der moderne Homo sapiens vor 200.000 Jahren (Abb. 18; vgl. Bräuer 2006, 177).

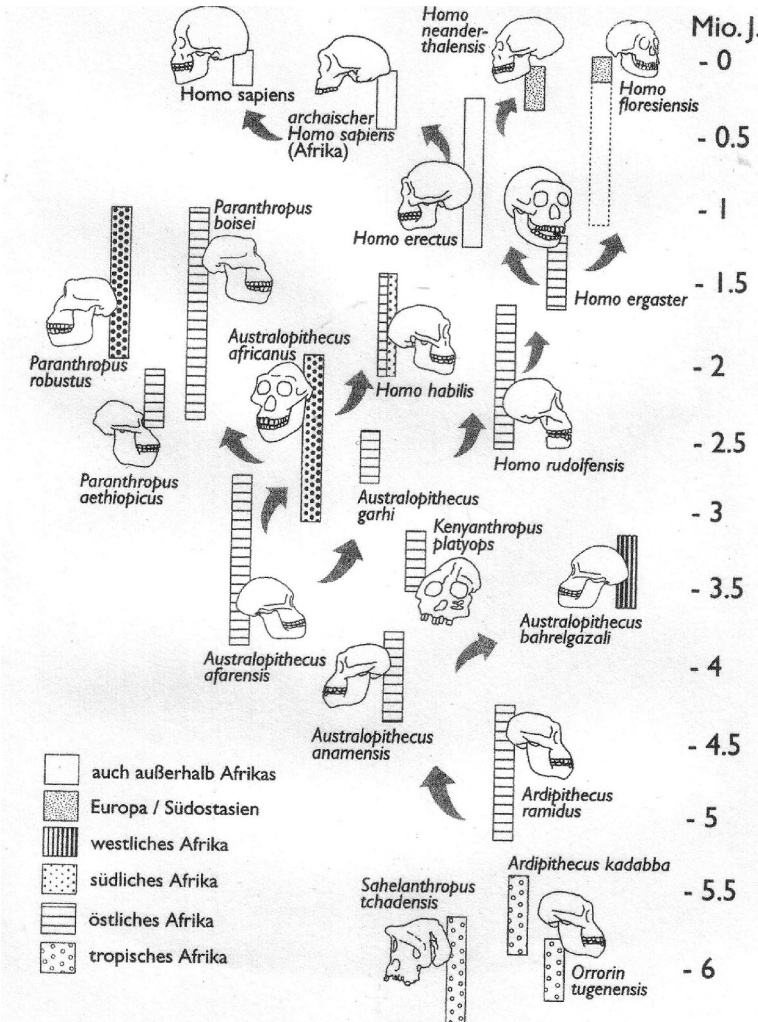


Abb. 18: Hominiden-Chronologie und Verwandtschafts-Hypothesen auf biogeographischer Grundlage (Schrenk 2006)

Der Homo sapiens entstand in Ostafrika und wanderte von dort aus nach Europa und Asien, wo er jeweils dort bereits vorhandene, ältere Homo-Arten verdrängte. So wurde der in Europa ansässige Neandertaler bis nach Südspanien zurückgedrängt und starb dort vor 28.000 Jahren aus. Die letzten Spuren fand man in einer Höhle auf Gibraltar. Die Ursachen des Aussterbens der Neandertaler sind aber noch nicht bekannt (vgl. Bolus 2006).

Die Savannen-Hypothese der Menschwerdung

Die Frage, wodurch der Mensch am Ende der Tertiärzeit aus damaligen Menschenaffen entstand, ist eine der interessantesten Fragen der Menschheit und Gegenstand von Diskussionen unter Biologen, Philosophen und Theologen.

Alle Halbaffen waren ursprünglich Baumbewohner. Dann begann vor 20 Mill. Jahren ein geologisches Ereignis, das die Erde entscheidend veränderte und bis heute anhält. Die Indische Platte, die sich von Ostafrika gelöst hatte und quer über den Indischen Ozean gedriftet war, kollidierte mit dem asiatischen Kontinent. Dadurch begann die Auffaltung und Hebung des Himalaya, die heute noch anhält. Das Klima wurde allmählich trockener. Die Wälder Afrikas und Asiens schrumpften. Im Urwald entstanden Lichtungen, die sich vergrößerten. So entstand in Ostafrika eine Savanne, also Grasland mit einzelnen Baumgruppen.

Ostafrika driftete nach Osten, so dass zwischen ihm und dem übrigen Afrika das große Grabenbruchsystem entstand, in dem sich Seen bildeten. Die aufgefalteten Gebirge verlaufen deshalb sowohl zu beiden Seiten der Gräben als auch weiter östlich in Nord-Süd-Richtung. Östlich dieser Ketten wurde die Landschaft trockener, es bildeten sich Savannen, westlich davon blieb das feuchttropische Klima erhalten. Dort entwickelten sich die hangelnden Menschenaffen.

Affen in der Savanne hatten nur Überlebenschancen, wenn sie entweder vierfüßig sehr schnell laufen konnten wie z.B. Husarenaffen – oder aufrecht gingen und deshalb Gefahren schon aus großer Entfernung sehen konnten, wie z.B. die Vorfahren des Menschen. Der aufrechte Gang entwickelte sich aber schon vorher, vor 5 Mill. Jahren, im Waldland. Auch Gorillas gehen im Waldland z.T. aufrecht.

Der Aufrechtgang hat in der Savanne mehrere Vorteile.:

- Man hat eine bessere Sicht über hohe Grasbestände,
- Senkrechte Körperhaltung vermindert am Äquator die Sonneneinstrahlung auf den Körper,
- Beim Stehen bildet sich eine kühlende Luftströmung.
- Der Energieaufwand beim ausdauernden Gehen über lange Strecken ist geringer als beim vierfüßigen Gehen.
- Die Hände wurden frei für die Werkzeugherstellung. Die älteste Werkzeugkultur entstand vor 2,5 Mill. Jahren. Seit dieser Zeit gibt es die Gattung Homo, also den Menschen, z.B. Homo rudolfensis und Homo habilis.

Der Anteil der Ernährungsweise an der Menschwerdung

Die Ernährungsweise ist an der Art des Gebisses ablesbar, z.B. an der Ausbildung der Backenzähne. Die Australopithecinen waren Frucht- und Blattesser. Die Behauptung, der Übergang von reiner Pflanzenkost zur gemischten Kost hätte die Gehirnentwicklung beschleunigt, ist nicht belegt. Menschen, also die Gattung Homo, hatten einen hohen Anteil weicher oder zubereiteter Nahrung.

Affen, die spezielle Nahrung suchen, also Feinschmecker wie die Geoffroy-Klammeraffen,

legen pro Tag größere Strecken zurück als andere Affen wie z.B. Mantelbrüllaffen. Auch das Gehirn der Klammeraffen ist größer als das anderer, gleich schwerer Affen (vgl. Milton 1993).

Homo war in der Nahrungswahl anspruchsvoller als Australopithecus. Das hatte Folgen:

- Durch hochwertige Nahrung können weibliche Primaten den Fortpflanzungserfolg steigern.
- Wer sich häufiger am Boden aufhält, findet dort hartschalige Nüsse und gräbt mit Grabstöcken saftige unterirdische Wurzeln aus. Das regt zur Herstellung von Holzwerkzeugen an.
Die meisten Werkzeuge der Altsteinzeit waren aus Holz, deshalb müsste man eigentlich von Holzzeit sprechen. Aber das Holz verrottet, und nur Steinwerkzeuge bleiben übrig, daher der Name Steinzeit.
- Intelligenter Menschen hatten größeren Erfolg bei Nahrungssuche, Werkzeugherstellung und Fortpflanzung. Folglich konnten sich Menschen mit größerem Gehirn stärker vermehren, so dass die Gehirngröße der Menschen insgesamt zunahm.

Fleisch war nur eine Zusatzkost, zunächst wurden wahrscheinlich nur tote Tiere gegessen, die man nicht zu jagen brauchte. Später dürfte eine gemeinsame Jagd auf größere Tiere und anschließende Teilung der Beute an Lagerplätzen erfolgt sein. Steinwerkzeuge, die 1,5 Mill. Jahre alt sind, lassen erkennen, dass damit Fleisch, frische Pflanzenteile und Holz bearbeitet wurden (vgl. Kattmann 1994).

Veränderung der Gehirnstruktur durch Werkzeuggebrauch

Der ständige Gebrauch von Werkzeugen veränderte neuronale Strukturen im Gehirn, z.B. die Temporo-parietale Junction. Man spricht heute von einer „corticalen Reorganisation durch Werkzeuggebrauch“ (Walkowiak 2009). Anfertigung und Nutzung von Werkzeugen bedürfen einer inneren Repräsentation durch bestimmte Hirnareale. Da dabei bestimmte Großhirnzellen und synaptischen Verknüpfungen immer wieder benutzt wurden, bildeten sie sich stärker aus. Das gilt zunächst für das jeweilige Individuum. Da Individuen mit weit entwickelten Fähigkeiten bessere Überlebens- und Fortpflanzungschancen hatten, erfolgte durch Selektion eine entsprechende Evolution, in deren Verlauf sich das Gehirn vergrößerte und sich die für Werkzeugherstellung und soziale Kontakte genutzten Zentren weiter entwickelten.

Zur Entstehung der Lautsprache

Das Zusammenleben in Gruppen erfordert eine permanente Kommunikation und Sensibilität für die Wahrnehmung von Stimmungen anderer Gruppenmitglieder. Bereits bei Menschenaffen und den Vorfahren des Menschen entstanden in bestimmten Hirnarealen (Amygdala, Insula u.a.) Spiegelneuronen, die es ermöglichen, sich in andere Individuen hineinzuversetzen und Empathie zu empfinden.

Entscheidend für die Traditionsbildung und damit für die Entwicklung der menschlichen Kultur ist aber die Sprache.

Aus anatomischen Studien an fossilen Schädeln geht hervor, dass vor 2 Mill. Jahren das

Motorische Sprachzentrum (Broca-Zentrum) und das Sensorische Zentrum (Wernicke-Zentrum) bereits vorhanden waren. Die Lautsprache erfolgte aber erst später nach der Vergrößerung des Rachenraumes. Der relativ kurze Hals der Menschenaffen und die dadurch bedingte geringe Länge des Rachenraumes führen dazu, dass Menschenaffen keine artikulierte Lautsprache entwickeln können. Die für die Entwicklung einer Sprache notwendigen Voraussetzungen im Gehirn sind bei Menschenaffen vorhanden. Man konnte einigen Schimpansen eine Zeichensprache mit bis zu 300 Zeichen beibringen. Offensichtlich hat sich der Rachenraum des Menschen der Altsteinzeit erst relativ spät so verlängert, dass eine artikulierte Lautsprache möglich war. Diese führte zu differenzierten Kontakten in der Gruppe. Dies war z.B. wichtig bei der Vorbereitung und Kooperation bei der Jagd. Das größere Gehirn ermöglichte zusammen mit der Lautsprache eine extensive Reflexion und Ritenbildung.

Die Ausbreitung des Homo sapiens

Die Menschwerdung erfolgte nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern als langer Prozess in einem Tier-Mensch-Übergangsfeld. Vergleiche der DNA von Mitochondrien (mtDNA) verschiedenster Populationen rund um den Globus sprechen eindeutig für einen afrikanischen Ursprung des anatomisch modernen Menschen (Blin/Pusch 2006, 234).

Wie ein Vergleich von Y-Chromosomen zeigt, verzweigte sich erst vor ca. 100.000 Jahren der Stammbaum des Homo sapiens in die Menschengruppen, die man früher als Menschenrassen bezeichnete und heute Ethnien nennt.

Als der moderne Homo sapiens vor 40.000 Jahren von Afrika nach Europa einwanderte, lebten dort bereits Neandertaler. Dieser sind wahrscheinlich vor 250.000 Jahren aus dem Homo heidelbergensis hervorgegangen, der selbst eine späte Form des Homo erectus war.

Der einwandernde Homo sapiens war dem Neandertaler überlegen und verdrängte diesen schließlich. Es ist möglich, dass es auch eine Vermischung mit dem Neandertaler gab (vgl. Bräuer 2006, Bolus 2006). Die letzten Neandertaler lebten vor 28.000 Jahren in Südspanien, zuletzt noch auf Gibraltar. In einer Höhle auf Gibraltar hat man in den letzten Jahren Fossilien und Werkzeuge von Neandertalern gefunden.

Vor 50.000 Jahren begann der Mensch Kunstgegenstände zu erzeugen. Älteste figürliche Objekte fand man aus der Zeit vor 40.000 Jahren in der Schwäbischen Alb, die bisher älteste gefundene Flöte wurde vor 35.000 Jahren, also während der letzten Eiszeit, hergestellt und gespielt. Die zahlreichen farbigen Tierbilder an den Wänden der Höhle von Altamira in Nordspanien wurden vor ca. 15.000 Jahren gegen Ende der letzten Eiszeit gemalt. Mit dieser Fähigkeit zur künstlerischen Gestaltung, zu der kein Tier außer ihm befähigt ist, erlangte der Mensch eine neue Stufe seiner Evolution.

Der Mensch als Teil und Gegenüber der Natur

Mit dem Erscheinen des Menschen erreichte die Evolution ein Stadium, in dem ein Wesen entstanden ist, das nicht nur seine Erhaltung und Vermehrung anstrebt, sondern auch über sich und die Welt und damit auch über die Evolution nachdenkt.

Der Mensch entwickelte nicht nur eine immer differenzierter werdende Technik, sondern

auch Wissenschaften, in denen es darum geht, Ursachen für beobachtbare Phänomene zu finden und daraus auch Anwendungen für die Technik abzuleiten. Darüber hinaus entwickelte der Mensch die Philosophie, mit deren Hilfe er die Welt zu erklären versucht und über seine eigene Erkenntnisfähigkeit nachdenkt.

Viele Philosophen, Theologen, Anthropologen und Biologen sprechen von einer Sonderstellung des Menschen. Die These von der Sonderstellung geht auf die griechische Philosophie zurück und wurde von der christlichen Theologie übernommen. Der Mensch wurde und wird als Ziel und Krone der Schöpfung angesehen.

In Darwins Evolutionstheorie wurde der Mensch jedoch zum Produkt ungerichteter Evolutionsprozesse. Dies ist die eigentliche Kränkung, die Darwin der Menschheit im 19. Jahrhundert zufügte.

Biologisch unterscheidet sich der Mensch vom nächsten Verwandten im Tierreich, dem Schimpansen, nur wenig. Nur ca. 1 % der Gene sind unterschiedlich. Im Körperbau unterscheiden sich Mensch und Schimpanse viel weniger als der Schimpanse von den meisten anderen Tieren, etwa Hunden, Katzen, Vögeln, Fischen oder Insekten. Bei keinem Tier, das sich deutlich von anderen unterscheidet, sprechen wir von einer Sonderstellung.

Rechtfertigen es vielleicht die geistigen Fähigkeiten des Menschen, von einer Sonderstellung zu sprechen? Wenn wir Menschenaffen mit dem Menschen vergleichen, sollten wir zunächst nicht den modernen Menschen der Gegenwart, sondern Menschen der frühen Altsteinzeit dem Schimpansen gegenüberstellen. Da besteht kein grundsätzlicher, sondern nur ein gradueller Unterschied. Werkzeugherstellung, Sozialverhalten, Kommunikation, Empathie, aggressives und altruistisches Verhalten sind schon beim Schimpansen vorhanden. Beim Menschen sind diese Verhaltensweisen zunächst nur differenzierter. Erst mit der Lautsprache entfernt sich der Mensch kulturell zuerst langsam, dann seit Ende der Altsteinzeit immer schneller von seinen tierischen Verwandten.

Kattmann schlägt deshalb seit 1974 vor, nicht von einer Sonderstellung, sondern von einer Eigenart des Menschen zu sprechen, so wie auch jede Tierart ihre Eigenart hat, durch die sie sich von anderen unterscheidet (Kattmann 1974; 1998, 202 f.).

Heute sehen wir den Menschen als Teil und Gegenüber der Natur. Einerseits ist er Teil der Natur auf der Erde, andererseits beherrscht und verändert er sie in immer stärkerem Maße mit Hilfe seiner Technik. Das führte zur Ausrottung zahlreicher Tier- und Pflanzenarten, und Vernichtung ganzer Ökosysteme. Schon Plato beklagt (in seiner Schrift *Kritias*) die Waldvernichtung in Griechenland, die dann die Römer in Italien fortsetzten. Heute bedroht die durch den Menschen verursachte globale Umweltbelastung in Teilbereichen bereits die Existenz der Menschen. Das Umdenken hat bereits eingesetzt. In der mitteleuropäischen Forstwirtschaft wurde nach der bis zum 18. Jahrhundert erfolgten Waldvernichtung durch Abholzung und Waldweide nach 1800 das Prinzip der nachhaltigen Waldnutzung eingeführt: Man darf nur so viel abholzen, wie durch Neuanpflanzung nachwächst.

Es kommt jetzt darauf an, das Prinzip der Nachhaltigkeit auf alle Bereiche menschlichen Wirtschaftens anzuwenden und global durchzusetzen, damit der Mensch seine Lebensgrundlagen auf dieser Erde erhält. Darüber hinaus fordert die biozentrische Ethik, dass die Organismen auch um ihrer selbst willen erhalten werden sollten (vgl. Altner 1991).

Literatur

- Altner, G. (1991): Naturvergessenheit. Grundlagen einer umfassenden Bioethik. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Blin, N. & C.M. Pusch (2006): DNA und die Stammesgeschichte des Menschen. In: Conard, N.J.(Hrsg.) (2006): Woher kommt der Mensch? Tübingen: Attempto, 229-240
- Bolus, M. (2006): Wer war der Neandertaler? In: Conard, N.J. (Hrsg.) (2006): Woher kommt der Mensch? Tübingen: Attempto, 143-170
- Boveri, Th. (1904): Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Jena
- Campbell, N.A. & J.B. Reece (2003): Biologie. 6. Aufl., Heidelberg, Berlin: Spektrum
- Charles Darwin 1809 - 1909 (1909). Gedenkschrift zur Jahrhundertfeier seiner Geburt. Hrsg.: Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde. Stuttgart: Franckh
- Continenza, B.(2009): Darwin. Ein Leben für die Evolutionstheorie. Spektrum Highlights 1/09
- Carroll, S.B. (2005): Endless Forms most Beautiful. The New Science of Evo Devo and the Making of the Animal Kingdom. New York: Norton
- Darwin, Ch. (1872): The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for Life. 6th Edition. London: John Murray
- Darwin, Ch. (1899): Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Nach der letzten englischen Auflage übersetzt von J.V. Carus. 9. Aufl., Stuttgart: Schweizerbart
- Desmond, A., J. Moore und J. Browne (2008): Charles Darwin – kurz und bündig. Heidelberg: Spektrum
- Dworschak, M. (2009): Motor des Lebens. Der Spiegel 24/2009, 122-124
- Engels, E.-M. (2007): Charles Darwin. München: Beck
- Hedewig, R./ Kattmann, U. / Rodi, D. (Hrsg.) (1998): Evolution im Unterricht. Köln: Aulis
- Jahn, I., R. Löther & K. Senglaub (Hrsg.) (1985): Geschichte der Biologie. Jena: G. Fischer
- Kattmann, U. (1974): Sonderstellung oder Eigenart? Zur Stellung des Menschen innerhalb der Lebewesen. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie. 23, H. 10, 253-254
- Kattmann, U. (1994): Menschenbild und Evolution des Menschen. Unterr. Biologie 200, 4-13
- Kattmann, U. (1998): Evolution des Menschen. Basisinformationen. In: Hedewig, R. / Kattmann, U. / Rodi, D. (Hrsg.) (1998): Evolution im Unterricht. Köln: Aulis, 202--207
- Kattmann, U. (2005): Die Evolution der Evolutionstheorie. Unterricht Biologie, H. 310, 2-11
- Kowallik, K.V. (1999) : Endosymbiose, ein Motor der Evolution. Biologen heute 441/1, 1-5
- Krings, M., Stone, A., Schmitz, R.W., Krainitzki, H., Stoneking, M. u. Pääbo, S. (1997): Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans. Cell 90, 19-30
- Kutschera, U. (2004): Streitpunkt Evolution. Münster: LIT
- Kutschera, U. (2008): Evolutionsbiologie. 3. Aufl., Stuttgart: Ulmer
- Leisler, B. (1995): Artbildung und adaptive Radiation bei Darwinfinken. Praxis der Naturwissenschaften. Biologie. H.8/44, 18-23
- Margulis, L. (1993): Symbiosis in Cell Evolution: Microbial Communities in the Archean and Proterozoic Eons. 2nd Ed. New York: Freeman & Company
- Meyer, A. (2008): „Evo Devo“-Forschung. Danken wir den Fischen mit fünf Fingern. FAZ.NET 13.12.2008, Zugriff 24.7. 2009
- Mayr, E. (1942): Systematics and the Origin of Species. New York: Columbia University Press
- Milton, K. (1993): Ernährung und Evolution der Primaten. Spektrum 10/1993, 68-75
- Russell, M. (2007): Der heiße Ursprung des Lebens. Spektrum 1/2007, 74-81
- Schrenk, F. (2006): Auf den Spuren der ersten Menschen. In: Conard, N.J. (Hrsg.) (2006):

Woher kommt der Mensch? Tübingen: Attampto

Stripf, R. (1989): Evolution – Geschichte einer Idee. Stuttgart: Metzler

Vries, H. de (1900): Das Spaltungsgesetz der Bastarde – Vorläufige Mitteilung. In: Ber. dtsh. bot. Ges. 18, 83-90

Vries, H. de (1901-1903): Die Mutationstheorie. 2 Bde., Leipzig

Walkowiak, W. (2009): Wie wurde der Homo sapiens zu dem, was er ist? Vortrag im Museum König in Bonn am 29.6.2009 (im Druck)

Tian, F., Toon, O.B., Pavlov, A.A., Desterck, H. (2005): A hydrogen-rich early earth atmosphere. Science 308, 1014-1017

Walter, U.(1999): Zivilisationen im All. Heidelberg/Berlin: Spektrum

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Continenza 2009, 3; Abb. 2: Stripf 1989, 81; Abb. 3: Leisler 1995, 20; Abb. 4: Kutschera 2008, 35; Abb. 5: Kutschera 2008, 41; Abb. 6: Kutschera 2008, 232; Abb. 7: Campbell/Reece 2003, 837; Abb. 8: Klett, Natura 3, 1995; Abb. 9: Campbell/Reece 2003, 550; Abb. 10: Biemont/Vieira 2007; Abb. 11: Dworschak 2009, 122; Abb. 12: Kutschera 2008, 147; Abb. 13: Kutschera 2008, A: 154, B: 162; Abb. 14: Kutschera 2008, 163; Abb. 15: Campbell/Reece 2003, 563; Abb. 16: Campbell/Reece 2003, 827; Abb. 17: Continenza 2009, 81; Abb. 18: Schrenk 2006, 30.

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

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: 200

Redaktionsschluß dieser Ausgabe: 10.08.2009

Redaktionsschluß der kommenden Ausgabe: 27.12.2009

Die Artikel können an den Vereinsabenden in der Albert-Schweitzer-Schule abgegeben oder an **Christian Hendrich, Spießhoferring 68, 73431 Aalen**, 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 Richttext (.rtf), MS Word (.doc) oder 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

18.8.09		Kappa-Cygniden Maximum (sichtb. 3.-25. Aug.)	21.10.09		Orioniden Maximum (sichtb. 2.10.-7.11., 20<ZHR<30)
21.8.09	14 Uhr	Merkur im Aphel (Sonnenferne, Merkur-Sonne 0,467 AE)	25.10.09	3 Uhr	MESZ = 2 Uhr
24.8.09	17 Uhr	Merkur in größter östl.er Elongation (27,4°)	26.10.09	23 Uhr	Mond 5,4° nördl. von Jupiter
31.8.09		Alpha-Aurigiden Maximum (25.Aug.-5.Sept., ZHR<10)	31.10.09		3 Juno im Stillstand, danach rechtläufig
2.9.09	20 Uhr	Mond 2° nördl. von Jupiter	1.11.09		Mars in der Krippe
4.9.09	16 Uhr	Erde kreuzt die Ringebene des Saturns von Süd nach Nord	4.11.09	20 Uhr	Neptun im Stillstand, danach rechtläufig
6.9.09	21 Uhr	Merkur im Stillstand, danach rückläufig	5.11.09		südl. Tauriden Maximum (25.9.-25.11., ZHR=5-10, V=30km/s)
11.9.09	17 Uhr	Pluto in Stillstand, danach rechtläufig	5.11.09	9 Uhr	Merkur in oberer Konjunktion
13.9.09		2 Pallas in Konjunktion	9.11.09	4 Uhr	Mond 3,7° südl. von Mars
13.9.09	24 Uhr	Mond 4,5° nördl. von Mars	12.11.09		nördl. Tauriden Maximum (25.9.-25.11., ZHR=5-10, V=30km/s)
14.9.09		18 Melpomene im Stillstand im Walfisch, danach rückläufig	17.11.09	13 Uhr	Merkur im Aphel (Sonnenferne, Sonne-Merkur 0,467 AE)
17.9.09	11 Uhr	Uranus in Opposition zur Sonne	19.11.09	3 Uhr	Leoniden Maximum (9.-21.11., ZHR=10-50+, V=70km/s)
17.9.09	19 Uhr	Saturn in Konjunktion	23.11.09	21 Uhr	Mond 2,9° nördl. von Jupiter
19.9.09		Pisciden Maximum (1.-30. Sept. 5<ZHR<10 und V=25km/s)	2.12.09	6 Uhr	Uranus im Stillstand, danach rechtläufig
20.9.09	11 Uhr	Merkur in unterer Konjunktion	6.12.09	23 Uhr	Mond 5,5° südl. von Mars
21.9.09		3 Juno in Opposition zur Sonne in den Fischen mit 7m,6	13.12.09		Geminiden Maximum (7.-17.12. ZHR=12 und V=35km/s)
22.9.09	22:19	Sonne im Herbstpunkt, Tagundnachtgleiche	18.12.09	17 Uhr	Mond 3,3° nördl. von Merkur
28.9.09	19 Uhr	Merkur im Stillstand, danach rechtläufig	18.12.09	18 Uhr	Merkur in größter östl. Elongation (20,3°)
30.9.09	0 Uhr	Mond 2,2° nördl. von Jupiter	20.12.09		Coma Bereniciden Max. (15.12.-15.1., ZHR=5-10, V=65km/s)
4.10.09	6 Uhr	Venus im Perihel (Sonnennähe, Abstand Venus-Sonne 0,718 AE)	21.12.09		Jupiter 0,5° südl. von Neptun
4.10.09	14 Uhr	Merkur im Perihel (Sonnennähe, Merkur-Sonne 0,307 AE)	21.12.09	17 Uhr	Mond 3,6° nördl. von Jupiter
6.10.09	2 Uhr	Merkur in größter westl. Elongation (17,9°)			Mond 3,1° nördl. von Neptun
7.-11.10.09		Delta-Draconiden			Mars im Stillstand, danach rückläufig
8.10.09	6 Uhr	Merkur 0,3° südl. von Saturn	22.12.09	24 Uhr	Ursiden Maximum (sichtb. 17.-26.12., ZHR=10-20+, V=35km/s)
11.10.09		18 Melpomene in Opposition zur Sonne im Walfisch mit 7m,9	24.12.09	19 Uhr	Pluto in Konjunktion
12.10.09	1 Uhr	Mond 1,6° südl. von Mars	26.12.09	10 Uhr	Merkur im Stillstand, danach rückläufig
13.10.09	6 Uhr	Venus 0,6° südl. von Saturn	31.12.09	13 Uhr	Merkur im Perihel (Sonnennähe, Abstand 0,307 AE)
13.10.09	10 Uhr	Jupiter im Stillstand, danach rechtläufig	31.12.09	20 Uhr	Partielle Mondfinsternis, sichtb. von Mitteleuropa aus

* alle Uhrzeiten in MEZ

Quellen: <http://www.surveyor.in-berlin.de/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>

Rezension: Der große 3D-Atlas des Sonnensystems

Christian Hendrich

Der 3D-Atlas des Sonnensystems von der Fa. USM Digital Media (www.usm.de) ist ein Computer-Lexikon, mit dem man das Sonnensystem erkunden kann. Nach Programmstart öffnet sich eine Benutzeroberfläche, die dreigeteilt ist. In der linken Hälfte des Bildschirms werden jeweils Lexikon-Artikel mit Bildern zum gewählten Objekt angezeigt und in der rechten Hälfte des Bildschirms zwei Ansichten: Oben die Oberfläche des gewählten Objekts und unten die Lage des Objekts im Sonnensystem (Planetariumfunktion). Nach Produktaktivierung lassen sich die beiden rechten Fenster zum Vollbild vergrößern.

Lexikonfunktion

Die Lexikonfunktion ist für alle im Atlas enthaltenden Objekte (Planeten, Kometen, Kleinplaneten, fast alle Monde, und auch einige Raumsonden) vorhanden. Die Einträge sind sehr einfach gehalten und beinhalten jeweils nur einige Fotos (die allerdings noch etwas vergrößert werden können). Inhaltlich sind die Beiträge eher oberflächlich und erklären die meisten Zusammenhänge mit einfachen aber gut verständlichen Worten. Es gibt jeweils Unterkapitel, bei Planeten z.B. Entstehung, Oberfläche, Inneres Erkundung und Daten.

Oberflächenfunktion

Die Oberfläche jedes Planeten kann im Detail erkundet werden. Das macht bei Gasplaneten weniger Spass, aber bei Planeten/Monden mit fester Oberfläche bekommt man viele Details zu sehen. Die Einschlagskrater und Bergketten sind namentlich gekennzeichnet und man kann intuitiv mit der Computermaus über die Oberfläche fliegen. Außerdem können Entfernungen gemessen werden.

Planetariumfunktion

Das Programm bietet auch eine einfache Planetariumfunktion, bei der man durch das Sonnensystem aber auch zu den Planeten in der Nähe fliegen kann. In der klassischen Ansicht läßt sich der Nachthimmeln erkunden. Sterne sind gekennzeichnet und es lassen sich auch weitere einfache Informationen dazu anzeigen. Natürlich läßt sich diese Funktion nicht mit aufwändigen Planetariumsprogrammen vergleichen, ist aber vermutlich gerade wegen ihrer Einfachheit für Anfänger deutlich besser zu bedienen.

Zusammenfassend gesagt handelt es sich um ein einfaches und aufs Wesentliche reduzierte Computerprogramm. Die Lexikonfunktion bietet eine gute Übersicht, allerdings fehlen aus meiner Sicht die heute üblichen Videos und Animationen. Das Lexikon läßt sich gut mit der Suchfunktion durchsuchen. Die Oberflächenfunktion zeigt bei einigen Planeten/Monden faszinierende Details, bei anderen ist man eher enttäuscht vom geringen Zoomfaktor oder den nicht vorhandenen Details. Das Planetarium ist simpel und einfach zu bedienen. Für den Preis von 39,90 Euro hätte ich unter dem Titel „3D Atlas“ persönlich etwas mehr erwartet.

Weitere Rezensionen: <http://www.astronomie-kassel.de/rezensionen.de.htm>

Umfrage: Zukunft der Korona

Christian Hendrich

In der Ausgabe Korona Nr. 108 hatten wir eine Umfrage durchgeführt, um die Vereinszeitung des AAK "Korona" zu verbessern. Es gingen leider nur 15 Antworten ein, über die ich hier gerne berichten möchte. Zunächst die gesammelten Antworten:

Was lesen Sie in der Korona (Mehrfachantwort möglich)?

12x Einleitung von KP	8x astron. Beobachtungen
11x Berichte zum Thema Astronomie	7x Berichte zum Thema Physikclub
6x sonst. Berichte	5x Rezensionen
6x Beobachtungshinweise	2x Pressemitteilungen
14x Das neue Programm	0x Nichts

Die Korona ist...

7x ...interessant	8x ...teilweise interessant	0x ...uninteressant
-------------------	-----------------------------	---------------------

Die Korona erscheint z. Zt. 3x im Jahr. Wie häufig soll die Korona künftig erscheinen?

4x 3x jährlich	10x 2x jährlich	1x 1x jährlich
0x unregelmäßig ja nach Bedarf	0x gar nicht	

Wenn die Korona nicht als Druckwerk sondern ausschließlich als Internetausgabe erscheinen würden, würden Sie sie dann lesen?

6x Ja	0x Nein, ich habe kein Internet
4x Nein, ich lese ungern am Computer	5x Nein, ich vergesse dann sie zu lesen

Die Korona ist... (Mehrfachantwort möglich)

5x ... meine einzige Verbindung zum Verein	3x ... nur ein Programmheft
9x ... ein gutes Medium zum Informationsaustausch	
2x ... eine Astronomiezeitschrift	0x ... unnötig

Soll die Korona künftig zusammen mit der Zeitschrift des Fördervereins des Schülerforschungszentrums herausgegeben werden (Verschmelzung)?

2x Ja	5x Nein	8x Egal
-------	---------	---------

Was Sie sonst noch so zum Thema Korona auf dem Herzen haben dürfen Sie gerne hier schreiben:

- Naja, obwohl ich schon Jahre/Jahrzehnte Mitglied im Verein bin, verstehe ich viele Artikel nicht, weil sie unleserlich geschrieben sind. Das ist schade. Freue mich aber immer über/auf die neue Korona. Wäre halt schön, wenn es sowieso mehr Autoren gäbe, die sich auch noch auch populärwissenschaftlich ausdrücken können. Möchte ungern auf ein Printmedium verzichten, aber wenn es an Engagierten und Nachwuchs mangelt...
- Solange der AAK noch als eigenständiger Verein existiert sollte er eine eigene Zeitschrift haben...
- Wenn ich den Inhalt der Fragen sehe, geht es der KORONA wohl irgendwann an den Kragen. Als altem Redakteur würde mir zwar das Herz bluten, aber der Lauf

der Dinge scheint auch vor der Vereinszeitschrift nicht Halt zu machen (wie wohl vor dem ganzen Verein).

- weniger Buchhalteartikel wie routinemäßige Sonnenflecken- oder Jupiterbeobachtungen. Neu: Leserbriefe

Analyse der Redaktion

Zunächst einmal stimmt es mich traurig, dass nur 15 Mitglieder den Fragebogen überhaupt beantwortet haben. Gehen etwa auch so wenige der AAK-Mitglieder bei der Bundestagswahl wählen? Hoffentlich nicht. Irgendwie scheint diese geringe Aktivität das Vereinsleben insgesamt widerzuspiegeln, so haben wir zur weniger als eine handvoll aktive Mitglieder, die sich z.B. auf der Sternwarte engagieren.

Davon abgesehen zeigen die Umfrageergebnisse, dass für die befragten Mitglieder die Korona weiterhin eine sinnvolle Einrichtung des Vereins ist. Die Korona kann vielleicht künftig unregelmäßiger, evtl. auch nur zweimal im Jahr erscheinen und sollte nicht durch eine Internetausgabe ersetzt werden. Für viele der Befragten ist die Korona die einzige Verbindung zum Verein oder dient dem Informationsaustausch, daher sollten die Autoren künftig auch viel aus dem Vereinsleben berichten. Die Einleitung/Grußwort von KP Haupt wird am häufigsten gelesen was ebenso diesen Wunsch widerspiegelt.

Inhaltlich hat die Korona scheinbar den richtigen Mix, wie bisher sollen bei den Berichten die Beobachtung und Aktivitäten der Mitglieder den Schwerpunkt bilden. Sicherlich sind manche Artikel etwas „trocken“, aber wir können in jedem Fall alle Autoren gebrauchen. Die Korona sollte auch zukünftig das vollständige Programm enthalten. Berichte über den Physikclub sind nicht so interessant für die Mitglieder und auch eine Verschmelzung der Zeitschrift mit einer Zeitschrift des Schülerforschungszentrums wird tendenziell eher widersprochen (bei vielen Enthaltungen). Leserbriefe können wie alle anderen Artikel, Fotos und Kurzberichte jederzeit an die Redaktion eingesandt werden.

Mitglied werden im Astronomischen Arbeitskreis Kassel e.V.

Sie sind an Astronomie und Naturwissenschaften interessiert? Dann werden Sie doch Mitglied im AAK!

Ihre Vorteile: kostenlose Teilnahme an unseren Vorträgen, Nutzung der Sternwarte Calden für ihre eigenen Beobachtungen (nach Einweisung), kostenlose Zusendung der Vereinszeitschrift "Korona" dreimal jährlich, vergünstigte Teilnahme an Exkursionen, kostenlose Ausleihe von Büchern der Vereinsbibliothek

Mitgliedsbeträge: Reguläre Mitgliedschaft 35 € pro Jahr, Studenten, Schüler, Azubis 15 € pro Jahr, Familienmitgliedschaft 50 € pro Jahr

Anmeldung: Im Internet unter http://www.astronomie-kassel.de/verein_mitglied.de.htm oder per Email an info@astronomie-kassel.de

Vorträge und Veranstaltungen

September bis Dezember 2009

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, 4.9., 18.00 Uhr Vortrag

Custom-Tailored Optical Properties: Plasmon Resonances in Gold Nanoparticles

Referent: Karen Wintersperger, Lucas Rott

Karen und Lucas haben mit ihrer Arbeit den Bundeswettbewerb Jugend forscht gewonnen und sind für die Teilnahme am europäischen Wissenschaftswettbewerb in Paris nominiert worden. Sie stellen ihren Beitrag zum Europawettbewerb in englischer Sprache vor.

Fr, 11.9., 11.50 Uhr Vortrag

Von Galileis Linsenfernrohr zum modernen Spiegelteleskop

Referent: Dr. E. Wiehr, Astrophysikalisches Institut Göttingen

Anlässlich des Tages der Sonne referiert Dr. Wiehr, insbesondere auch für Schulklassen, allgemeinverständlich über die modernen Beobachtungsmöglichkeiten der Sonne: Galileo war zwar 1609 nicht der erste Fernrohrbauer, richtete aber erstmals ein Linsen-Fernrohr auf Himmels-Objekte. Inzwischen werden von Berufs-Astrophysikern fast nur noch Spiegel-Teleskope benutzt. Unterschiede - aber auch Parallelen - solcher Instrumente werden anhand von Sonnenteleskopen aus dem Tessin, den Kanarischen Inseln und dem Goettinger Astrophysik-Neubau erläutert. Der Vortrag ist in der Aula der Albert-Schweitzer-Schule geplant, kann aber an einen anderen Ort verlegt werden, wenn die Umbauarbeiten der Schule dies erfordern. Bitte aktuelle Hinweise beachten!

Fr, 11.9., 18.00 Uhr Vortrag

Die Sonne – unser Heimat-Stern

Referent: Dr. E. Wiehr, Astrophysikalisches Institut Göttingen

In seinem zweiten Vortrag wird Dr. Wiehr auf sein Forschungsgebiet eingehen. Er arbeitet seit vielen Jahren im Sonnenobservatorium auf Teneriffa. Ab 17.00 Uhr besteht die Möglichkeit der Sonnenbeobachtung auf dem Schulhof der ASS. Der Vortrag wird in der Mensa der ASS stattfinden.

Ohne die Sonne und ihren besonderen Abstand gäbe es kein Leben auf der Erde. Da die Sonne ein sehr 'typischer' Stern ist, versteht man mit ihr zugleich die Physik von 90% aller Sterne; jedoch ist sie der einzige Stern, dessen Nähe zur Erde das Studium kleiner Strukturen ermöglicht. Hierunter werden besonders Vorgänge der Aktivität erläutert (Flecken, Fackeln, Protuberanzen u.a.), wie sie sich im Lichte verschiedener Spektrallinien präsentieren

Fr, 30.10., 18.00 Uhr Vortrag**Graphen – das Material für die Computer der Zukunft ?****Referent:** Dr. Matthias Vaupel, Göttingen

Der Referent Dr. Matthias Vaupel ist Physiker. Er wurde als 15jähriger Mitglied des Astronomischen Arbeitskreises. Er arbeitet seit 2008 als Applikationsspezialist der Materialmikroskopie bei der Carl-Zeiss MicroImaging GmbH in Göttingen. Bei seinem vorherigen Arbeitgeber, der Nanofilm Technologie GmbH, hatte er viele Applikationen der ellipsometrischen Mikroskopie erarbeitet. Eine dieser Applikationen ist die Charakterisierung von Graphen, das als das Material für die Computer der Zukunft gehandelt wird. Im Vortrag werden die speziellen physikalischen Eigenschaften, sowie Herstellungsverfahren und Charakterisierungsmethoden von Graphen vorgestellt

Fr, 13.11., 18.00 Uhr Vortrag**Fehlerhafte Fehlerangaben?****Referent:** KP Haupt

Zu jeder naturwissenschaftlichen Messreihe gehört eine Fehlerbetrachtung. Was bedeuten eigentlich diese +/- Angaben hinter dem Messwert oder dem Mittelwert? Was ist ein Korrelationskoeffizient und wie bestimmt man ihn?

Fr, 27.11., 18.00 Uhr Vortrag**Oberflächenplasmonenresonanzspektroskopie auf Biochips – Ein Schritt auf dem Weg zur Krebsfrüherkennung****Referent:** Dr. Matthias Vaupel, Göttingen

Der Referent Dr. Matthias Vaupel ist Physiker. Er arbeitet seit 2008 als Applikationsspezialist der Materialmikroskopie bei der Carl-Zeiss MicroImaging GmbH in Göttingen. Bei seinem vorherigen Arbeitgeber, der Nanofilm Technologie GmbH, hatte er viele Applikationen der ellipsometrischen Mikroskopie erarbeitet. Eine dieser Applikationen ist die Oberflächenplasmonenresonanzspektroskopie auf Biochips. Nach einer Einführung in die Ellipsometrie wird die Plasmonenresonanz erklärt. Insbesondere die Funktionsweise von markierungsfreien Biochips wird erläutert. Spektren werden diskutiert und ausgewertet.

Fr, 11.12., 18.00 Uhr Vortrag**Das Hervorkommen der Sothis: Astronomie und Zeitrechnung im alten Ägypten****Referent:** Roxane Bicker M.A., Staatliches Museum Ägyptischer Kunst München

Im Gegensatz zu anderen antiken Kulturen lag es nicht im Interesse der altägyptischen Astronomie Himmelserscheinungen vorauszusagen, sondern sie war stark religiös geprägt und versuchte, das Gefüge der Welt zu beschreiben. Zahlreiche Texte und Darstellungen aus Gräbern und Tempeln zeigen, wie sich die Ägypter zwischen Himmel und Erde einordneten.

DienstagsVorträge

Nur 2009 finden anlässlich des Jahres der Astronomie am jeweils letzten Dienstag im Monat (außer Dezember) Vorträge über aktuelle Themen der Astronomie statt, die auch die entsprechenden Monatsthemen der „Vorträge unter dem Sternenhimmel“ im Planetarium ergänzen und vertiefen. Die DienstagsVorträge finden aber im ASS, Eingang Parkstr. statt. Zusätzlich gibt es am ersten oder zweiten Dienstag im Monat eine neue Vortragsreihe:

Schmankerl der Physik und anderer Naturwissenschaften: Was man selten im Unterricht und Vorlesungen erfährt....

Referent ist jeweils KP Haupt.

Di, 29. September, 19.00 Uhr

Helium vom Urknall und Sauerstoff aus dem Inneren der Sterne

Die Elementsynthese im Kosmos lief einmal während des Urknalls in den ersten 30 Minuten und danach im Inneren der Sterne ab.

Di, 27. Oktober, 19.00 Uhr

Wo steckt nur die Antimaterie im Kosmos?

Findet man die Antimaterie nicht, so dürfte es uns eigentlich nicht geben. Trotzdem gibt es eine Möglichkeit, den Überschuss der Materie durch den Urknall zu deuten.

Di, 24. November

98% gegen 2%: Woraus besteht der Kosmos?

Die leuchtende Materie im Kosmos macht nur gerade 2% aus. Woraus besteht der Rest, was sind Dunkle Materie und Dunkle Energie?

Di, 6. Oktober., 19.00 Uhr

Optik: Zum Rechnen und Spielen

Wie man Tiefenschärfe und Blenden berechnet, wie Fische die Welt sehen und wie man dreidimensionale Bilder ohne Holographie und Brillen erzeugen kann (man braucht nur ein Auto, möglichst neu, und einen Rechtsanwalt, möglichst gut)

Di, 10. November, 19.00 Uhr

Schlaff wie eine Kette und doch ein optimiertes Hängen...

Die mathematische Beschreibung einer Kettenlinie durch eine seltsame Funktion und deren Bedeutung für rutschende Seile: \cosinhyperbolicus

Di, 8. Dezember, 19.00 Uhr

Hätte Galilei es wissen können?

Die exakte Beschreibung einer Pendelschwingung, der Übergang ins Chaos und warum man auch eine Kanonenkugel an ein Seil hängen könnte...

Planetariumsprogramme des AAK

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

Eine Reise unter dem Sternenhimmel

Dieses Programm ist als Familienprogramm besonders für Kinder unter 14 Jahren geeignet. Es werden der jeweils aktuelle Sternenhimmel und einfache Vorstellungen von den Himmelsobjekten dargestellt.

(Jeweils sonntags um 14.00 Uhr)

Die Welt der Galaxien

Ein Familienprogramm, das auch den aktuellen Sternenhimmel in Kassel zeigt und danach ein Bild des Kosmos vorstellt. Dieses Programm ist als Erweiterung der „Reise unter dem Sternenhimmel“ gedacht.

(Sonntags um 15.00 Uhr)

Vorfürher: Heiko Engelke, Ilian Eilmes, Mike Vogt, Michael Schreiber

Vorträge unter dem Sternenhimmel

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

Referent: K.-P.Haupt

Diese Vorträge werden vertieft und ergänzt durch die Dienstagsvorträge jeweils am letzten Mittwoch im Monat.

August: Eine Reise unter dem Sternenhimmel

September: Wir sind Sternenstaub: Über die Entstehung der Elemente

Oktober: Gebrochene Symmetrien: Warum es uns geben kann!

November: Die Macht der Dunklen Energie

Dezember: Der Urknall in Genf: Erkenntnisse über den Kosmos am LHC

Januar: Die neuen Superteleskope der Astronomen

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 8 einen Physikclub. Treffen ist jeden Freitag von 15.30 Uhr bis 18.00 Uhr. Die Teilnehmer forschen an eigenen Projekten aus Physik, Astronomie, Geophysik und Technik.

Jeden Freitag ab 15.30 Uhr ASS Neubau Raum N102

Für besonders interessierte und besonders begabte Schüler/innen ab Klasse 8

Neue Projekte werden nach den Sommerferien vergeben.

Für Schüler der Klassen 5 bis 7 findet der **Junior-PhysikClub** freitags von 13.45 Uhr bis 15.15 Uhr statt.

Siehe auch: www.physikclub.de

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 **Samstag (neu!!)** 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 Bernd Holstein in Verbindung setzen.

Einstellen von Beobachtungsobjekten: Hilfestellung gibt's nach Voranmeldung bei 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

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

Der AAK ist auch im WorldWideWeb vertreten:

<http://www.astronomie-kassel.de>

Sparkassen.
Gut für Deutschland.

Kasseler Sparkasse.
Gut für die Region.