

Andreas Haag

Mensch und Kosmos

Aus dem Astronomieunterricht in der 11. Klasse

Im Astronomie-Unterricht der höheren Klassen trifft man auf junge Menschen, die trotz mancher himmelskundlicher Unterweisung in Elternhaus und Schule in abnehmendem Maße mit den Vorgängen am Himmel vertraut sind, wogegen durch die Medien verbreitete astronomische und astrophysikalische Informationen umfangreich zu Verfügung stehen. So weiß man von der Steinwüste auf dem Mars, »kennt« das Atomfeuer in der Sonne, tituliert Kometenkerne als »Schwarze Schneebälle« und redet von Schwarzen Löchern und extraterrestrischen Missionen. Auch das eigene Sternzeichen wird selbstverständlich gewußt, selten haben aber mehr als zwei bis vier Schüler einer Klasse das dazugehörige Sternbild gesehen. Die Mondphasen z. B. sind pauschal bekannt, können aber oft nicht konkret den zugrundeliegenden Stellungen von Sonne, Erde und Mond zugeordnet werden.

Beobachtbar ist insgesamt eine Armut an Kenntnis der sinnlich-sichtbaren Phänomene; es dominiert ein Faktenwissen über die Raumfahrt. In dieser unbefriedigenden Situation erscheint es sinnvoll, die Jugendlichen dort abzuholen, wo sie stehen, und mit ihnen ein umfassenderes himmelskundliches Verständnis zu erarbeiten.

Mit bloßem Auge und mit dem Fernrohr betrachtet

Nach einer Sammlung möglichst vieler Fakten über das Weltall (Tafelanschrieb) folgt ein gemeinsames Sortieren nach selber Gesehenem und sonstigem Wissen. Dieses anderweitig erworbene Wissen wird einen Großteil des Anschriebs ausmachen. Im Gespräch wird geklärt, daß dieses Wissen neben Raumfahrtergebnissen vor allem ein Resultat der Fernrohrfotografie ist. Damit wird die Bedeutung des Fernrohrs offensichtlich. Ein im Klassenzimmer befindliches Gerät wird vorgestellt. Schüler benutzen das Instrument und versuchen zunächst, bei schwacher Vergrößerung entfernte Objekte durchs geöffnete Fenster einzustellen. Der Rest der Klasse erlebt neben der neugierigen Aufbruchstimmung und den Ausrufen der Beobachtenden auch die oft langwierigen Suchbewegungen mit dem Rohr und die charakteristische Körperhaltung bei der Instrumentenbeobachtung. Bei stärkerer Vergrößerung werden die genannten Phänomene noch deutlicher.

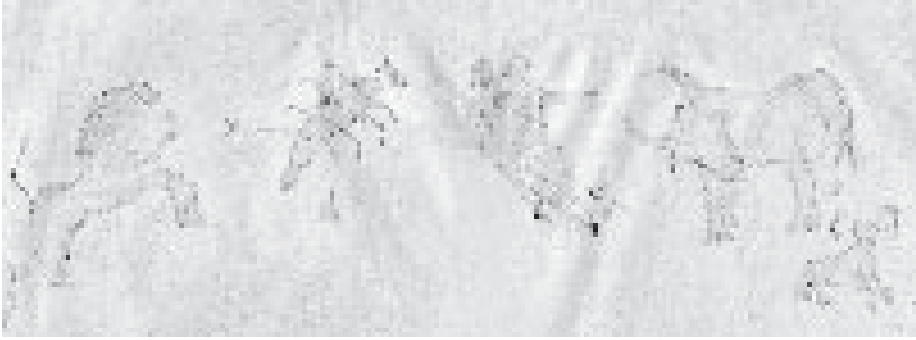
Bei den Beobachtern selbst rufen die vielen mit bloßem Auge unsichtbaren Dinge einerseits oft positive und begeisterte Reaktionen hervor. Andererseits wird als lästig und anstrengend empfunden: die Körperhaltung; das Beobachten mit *einem* Auge; die Schwierigkeit, das Objekt überhaupt zu finden; das seitenverkehrte und auf dem Kopf stehende Bild; die Schwierigkeit, ein bewegtes Objekt zu verfolgen; die Schwierigkeit, bei starker Vergrößerung überhaupt das Objekt zu finden. Auf der einen Seite bietet das Gerät also unbestrittene Vorteile. Auf der anderen Seite wird das fixierte Starren in eine kleine Öffnung bzw. durch ein enges Rohr und das durch die starke Gesichtsfeldbe-



schränkung eintretende Herausstanzen eines winzigen Flecks aus der Natur ohne gleichzeitige Wahrnehmung des restlichen Umfeldes als unangenehm erlebt. So ruft das Gerät bei sensiblen Naturen ein Gefühl der Entfremdung hervor, bei anderen eine optimistische Forscherlust. Insgesamt gesehen werden einer Klasse die beiden Seiten des Instrumenteneinsatzes deutlich, wobei die einen zu zwiespältigen Gefühlen neigen, welche im Extrem zu einer Empfindung des Unwahren gegenüber dieser Art von Naturbetrachtung führen, während die positiv Gestimmten den vom Instrument erzwungenen Beobachtungsduktus als Steigerungsmöglichkeit menschlicher Erkenntnisfähigkeit deuten. Beiden Schülergruppen sollte in der Diskussion Verständnis entgegengebracht werden; schließlich spiegelt sich in ihren Meinungen die Entwicklung der Astronomie selbst, die je nach Veranlagung Glücksgefühl oder Unbehagen hervorrufen kann.

Von der Erde oder von der Sonne ausgehen?

Der Mensch früherer Zeiten lebte mit einem geozentrischen Verständnis seines Himmels, d. h. er erlebte sich auf einer ruhenden Erde und nahm ein sich drehendes Himmelsgewölbe wahr, an dem die Gestirne *außer* den Fixsternen



Die Bilder des Tierkreises (7. Klasse, zum Artikel von M. Stegmann)

– die Planeten – zwar Eigenbewegungen vollführten, grundsätzlich aber die Rotation der Sphäre mitmachten. Durch Kopernikus, Kepler und Galilei wurde die Wende zur heliozentrischen Vorstellung in die Wege geleitet, zu der eine rotierende und sich um die Sonne bewegende Erde gehört.

Für die Schüler ist die Heliozentrik eine selbstverständliche Grundannahme; sie sind mit diesem Wissen aufgewachsen. Neben allem Positiven dieser Einstellung birgt die heliozentrische Vorstellung jedoch die Gefahr in sich, geozentrisch wahrnehmbare Vorgänge – z. B. den Sonnenlauf und die Mondphasen – nur als subjektive Perspektive aufgrund der Erdbewegungen zu deuten, womit sie schließlich als illusionär und nicht weiter wert für ein genaueres Kennenlernen abgetan werden. Insofern führte eine geistige Großtat einzelner Persönlichkeiten, die ihr Werk aber nur durch beste geozentrische Beobachtung schaffen konnten, bei den Nachfolgern zu einer Abqualifizierung sinnlich-sichtbarer Vorgänge als unbedeutender Nebensächlichkeiten. Unkenntnis und Desinteresse für den Wahrnehmungsbereich sind die Folge.

Im Zusammenhang mit den bei der Forschungsmethodik genannten Überlegungen kann für die Schüler deutlich werden, daß man – ohne die Bedeutung und Anwendbarkeit des modernen Wissens zu schmälern – die auseinandergefallenen Bereiche vielleicht doch wieder vereinen kann, indem man die geozentrisch zu erfassenden Vorgänge wieder ins Bewußtsein aufnimmt.

An dieser Stelle des Unterrichts läßt sich auch die Drehung der Erde besprechen, deren Vorhandensein als ganz selbstverständlich angenommen wird, ohne daß ein Wissen über die auf der Erde möglichen Nachweismethoden vorhanden ist.¹

Letztlich zeigt sich den Schülern durch solche Überlegungen, daß für den in der Zwischenzeit so himmelsfern gewordenen menschlichen Alltag geozentrisch angeschaute Himmelsvorgänge eine fast verlorengegangene Realität in gewisser Weise wiederherstellen könnten. Die Schüler kennen bereits durch ein Landwirtschaftspraktikum die Bemühungen der biologisch-dynamischen

Wirtschaftsweise, Mond- und Planetenkonstellationen in die Arbeit mit einzubeziehen. Dabei gelten z.B. bestimmte Planetenkonstellationen als günstiger, andere als weniger günstig für die Aussaat und die Ernte gewisser Pflanzengruppen. Die praktischen Erfolge sind nicht zu übersehen, wenn auch die Zusammenhänge mit den Gestirnen durch die üblichen naturwissenschaftlichen Begriffe nicht erfaßt werden können.²

Auch die Astrologie, die manche Schüler stark interessiert, arbeitet zu einem Teil mit geozentrischen Aspekten und spricht tiefgründige Rätselfragen an, ist aber ohne Vorbildung in elementaren Himmelsphänomenen nicht zu durchschauen.³

Nach Besprechung und möglichst ausgiebiger zeichnerischer Darstellung der Himmelsphänomene kann in anregender, wenn auch vorstellungsmäßig anspruchsvoller Denktätigkeit der Versuch gemacht werden, geozentrisch erfaßte Erscheinungen in heliozentrische Vorstellungsbilder überzuführen. Folgende Beispiele dienen als exemplarische Auswahl:

- Warum ändert sich die Lage des Tierkreises im Laufe eines Tages?
- Warum ist in den polnahen Gebieten nur ein Teil der Tierkreissternbilder im Laufe eines Jahres zu sehen?
- Warum liegt in Äquatorgebieten der Tagesbogen der Sonne im Sommerhalbjahr in nördlicher Richtung?
- Wieso ist die Tagesbahn der Sonne nicht identisch mit einer Fixsternbahn?
- Warum gibt es Hoch- und Tiefstellungen der Sonne?
- Wieso beträgt die Sonnenscheindauer am Äquator stets nur 12 Stunden, kann in mittleren geographischen Breiten aber bis zu 16 Stunden erreichen?
- Wieso sind die vier Jahreszeiten in verschiedenen Erdbereichen verschieden lang?

Übungen dieser Art gewährleisten, daß der Schüler nach einiger Zeit eine Vorstellungsbeweglichkeit bezüglich geo- und heliozentrischer Aspekte gewinnt und eine freiere Entscheidung treffen kann, welcher Aspekt für welche Fragestellung hilfreicher ist. Daneben tritt dann eine Umkehrung der ursprünglichen Verhältnisse ein: Die Phänomene, wie sie sich unserer Beobachtung von der Erde aus zeigen, gewinnen an Gewicht und drängen die leicht zu durchschauenden heliozentrischen Schemata als Hilfskonstruktionen in den Hintergrund. Sinnvoll ist ein solches unterrichtliches Vorgehen natürlich nur dann, wenn man der Auffassung ist, daß die Stellungen der Gestirne zur Erde nicht bedeutungslos für das Leben auf der Erde sind.

Einer Auflösung von zu mechanischen Vorstellungen kann folgender Gesichtspunkt dienen. Kepler hat entdeckt, daß die Planeten nicht Kreise, sondern Ellipsen beschreiben, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht, und hat die weiteren Gesetze ihrer Bahnen erkannt. An der Darstellung der Sonnenlemniskate (s. Abb. 1; eine Lemniskate hat die Form einer 8) läßt sich zei-

gen, daß die Erdbahnellipse so wenig wie die anderen Planetenellipsen konstant ist, sondern in mancher Hinsicht Veränderungen unterworfen und daß Wiederholungen gleicher Lagen ausgeschlossen sind. Also leben wir in einer sich lebendig verändernden kosmischen Umgebung.

Ein lebendiges Bild von Mond und Sonne gewinnen

Das Wissen über den Mond ist im Vergleich mit allen anderen Gestirnen am stärksten durch Fernrohrbeobachtung und Mondfahrtberichte bestimmt. Die punktuelle, reduzierende Beobachtungsmethode hat hier fast zum völligen Verlust einer lebendigen Beobachtung und Anschauung geführt. Ein Brocken Mondgestein in einer menschlichen Hand auf der Erde ist zum einen ein triumphales Beweisstück der Raumfahrt, andererseits gibt er über die räumlich-zeitliche Gesamterscheinung des Mondes genauso wenig Auskunft wie eine Gewebeprobe über ein menschliches Individuum. Durch die Besprechung und Darstellung des Mondumlaufes um die Erde lassen sich mehrere verschiedene Mondrhythmen nachweisen (siderischer und synodischer Rhythmus, metonischer Zyklus, draconischer und anomalistischer Umlauf), die zeigen, daß der Mond in seinem Umlauf vielen Einflüssen seiner kosmischen Umgebung ausgesetzt ist, welche seine Bahn ständig leicht verändern und ihn sogar mit Computereinsatz schwer erfaßbar machen. So betrachtet, erscheint er als das gerade Gegenteil eines toten, schlackenartigen Gebildes. Er gibt sich von seinem geozentrisch gesehenen Bewegungsduktus her als das variabelste Gestirn, dessen Verhalten auch mathematisch schwer einzufangen ist. Keine Frage ist es den Schülern nach einer solchen Besprechung, daß es die Mondrhythmen und nicht die physikalischen Parameter des Mondkörpers sind, die für Mensch und Natur Bedeutung haben.

Von der Sonne haben die Schüler eigentlich die umfassendsten Eindrücke, und doch ist auch hier für die Allgemeinbildung im Vergleich mit früheren Zeiten eine deutliche Entfremdung eingetreten, die aber wenig bemerkt wird. Noch wird die Sonne als elementar-urtümlicher Zeitgeber anerkannt, aber die durch die Erfindung von Uhrwerken möglich gewordene losgelöst bestimmbare Zeit dominiert längst das Umgehen mit dem Sonnentag. Eine genauere Betrachtung des Sonnenlaufs kann deshalb durchaus Erstaunen hervorrufen. Schon die (geozentrisch gesehene) Eigenbewegung der Sonne gegen die Rotation der Himmelskugel (heliocentrisch die Bewegung der Erde in der Umlaufbahn) und die Entstehung von Sternzeit und Sonnenzeit ist unbekannt, weil die Betrachtung von heliakischen Auf- und Untergängen⁴ in der heutigen Zeit kaum noch von Interesse ist. Ebenso muß erst erarbeitet werden, daß die »Eigenbewegung« der Sonne im Jahreslauf keineswegs dem einförmigen Lauf der Uhren gleicht, sondern dynamischen Veränderungen unterworfen



Abb. 1: Fotografische Darstellung der Sonnenlemniskate auf einem einzigen Negativ, jeweils um 8.30 Uhr. 45 Einzelbelichtungen der Sonne mit Sonnenfilter vor dem Kameraobjektiv. Zeitlicher Abstand der einzelnen Belichtungen: 7 Tage (bzw. an einem darauffolgenden klaren Tag). An 3 Tagen verlängerte Belichtungszeit von Sonnenaufgang bis 8.30 Uhr. An einem Herbsttag nachmittags (siehe Kaminschatten) eine Belichtung ohne Sonnenfilter. (Dennis di Cicco, in: Sky and Telescope, Juni 1979)

ist. Diese lassen sich meßtechnisch fixieren, wenn man den täglichen Durchgang der Sonne durch die Mittagslinie anhand einer Uhr feststellt und die Abweichungen vom 24-Stunden-Rhythmus notiert. Mathematisch-geometrisch abgebildet, ergeben diese Meßwerte eine sinusartige Kurve, die sogenannte Zeitgleichungskurve, in der sich die ständigen, rhythmisch wechselnden Geschwindigkeitsänderungen des Sonnenlaufes graphisch eindrucksvoll darstellen lassen. Nimmt man die täglichen Winkelwerte des Höhersteigens oder Niedersinkens der Sonne im Jahreslauf hinzu, so läßt sich sogar die Sonnenlemniskate konstruieren (Abb. 2). Die schöne Form der Lemniskate läßt sich unter geo- und heliozentrischen Aspekten ausgiebig diskutieren, was eine lebendige Vorstellungstätigkeit verlangt. Aber auch ein warmes Empfinden für die Schönheit und Lebendigkeit des Sonnenrhythmus stellt sich ein. Dabei verblaßt das stumpf-mechanische Alltagsbild der Sonne und macht einem Fühlen für ein lebendiges Kräfteweben zwischen Sonne und Erde Platz.

Die Planetenschleifen zeichnend nachvollziehen

Die im Vergleich mit Sonne und Mond relative Unauffälligkeit der Planeten erschwert es heute den Schülern, diese Gestirne als Erscheinungsbild überhaupt kennenzulernen. Nur Venus in ihrem Glanz und ihrem beobachterfreundlichen Abend- oder Morgensternstatus könnte noch ins Auge fallen, ist

letztlich aber kaum besser bekannt; Teleskopbetrachtung und Raumfahrtergebnisse füllen auch hier die entstandenen Wissenslücken, bieten aber wenig Anbindung an die Beziehungen von Erde und Planeten. So bringt die Besprechung der Planeten ebenfalls viel Neues und Überraschendes: die »Schleifen« (s. Abb. 3). Von der Erde aus gesehen, bewegen sich die Planeten bisweilen zurück und wieder vor. Dies deuteten die Griechen als Schleifenbewegungen. Daraus ergaben sich aber mathematisch unlösbare Probleme, die die Astronomen vergangener Jahrhunderte zu einem heliozentrischen Weltbild führten.– Schleifen lassen sich besonders leicht an Mars, Jupiter und Saturn beobachten, die zur Zeit ihrer Gegenüberstellung zur Sonne (Opposition) am Nachthimmel ungewöhnliche Vor- und Rückwärtsbewegungen in ihren Bahnen vollführen.

Zur besseren Veranschaulichung der Planetenbewegungen lassen sich mit Hilfe astronomischer Tabellen, die die genauen Planetenpositionen enthalten, Schleifen im Heft konstruieren. Eine geschlossene, asymmetrische Schleife wirkt zunächst genauso seltsam wie eine offene; mit Hilfe zusätzlicher Darstellungen läßt sich aber die Einzelschleife durch die Formen der weiteren Schleifen dieses Planeten ergänzen. Dadurch wird deutlich, daß nicht nur die Rhythmen von Sonne und Mond, sondern auch die der Planeten sich abwandeln. Da kann das innere Bild entstehen, daß ganz unauffällig, aber unablässig (verstärkt durch die Schleifenbildungen der vielen Kleinplaneten) ein stummer »Tanz« schwingender Bewegungen sich in dem Raum zwischen Erde und Fixsternen abspielt. Der Himmel differenziert sich dadurch in einen Rhythmusbereich (den der Planeten) und ein Gebiet relativ stabiler Verhältnisse (bei den Fixsternen); dies erinnert durchaus an irdische Verhältnisse (fester Erdkörper, bewegliche Hüllen). Die planetarische Welt erscheint dann weniger als eine Welt flitzender Kugeln denn als eine Sphäre unablässiger und lebendiger Rhythmen, was bedeutet, daß Rhythmus nicht nur in der Musik oder in menschlichen Organen, sondern ebenso im Weltall zuhause ist. Die Frage nach der Zusammengehörigkeit und der Korrespondenz ist dann eine ganz naheliegende, zumal dafür einige eindrucksvolle Beispiele bekannt sind.

Nach der beobachterzentrierten Schleifenbildung wird man auch das in jedem Astronomiebuch befindliche Konstruktionsschema für die heliozentrische Entstehung der Schleifen zeichnen. Dabei wird die Schleifenbildung als die Folge des Überholvorgangs zweier Planeten auf ihren Ellipsenbahnen um die Sonne interpretiert. Das Schema – so plausibel es zunächst erscheint – bedarf aber doch einiger Erläuterung. Ein Großteil der Literatur enthält unvollständige Schemata; die Schleifenbildung ist rein willkürlich dargestellt. Worauf es letztlich ankommt, sind die immer zueinander geneigten Bahnebenen, denn ohne diese Kippung gäbe es allenfalls ein Vor- und Zurückgehen des Planeten, aber keine Schleife.

Die sehr variablen Schleifenformen lassen sich vier Grundtypen zuordnen:

geschlossene Schleife nach oben, geschlossene Schleife nach unten, s-förmige und z-förmige Schleife. Man bespricht und konstruiert, unter welchen Verhältnissen welche Form entsteht. So bekommt dieser Bereich des Himmels seine Lebendigkeit, zumal die Bahnen leichter Veränderung durch gegenseitige Einflußnahme unterliegen und die Wiederholung des gleichen ausgeschlossen ist.

Mikrokosmos und Makrokosmos

Den Zusammenhang von Pflanze, Tier und Mensch mit dem Weltall kann man im Unterricht an vielen Beispielen besprechen. Nicht, um bei den Schülern das Gefühl hervorzurufen, der Mensch sei von außerirdischen Einflüssen abhängig und somit unfrei, sondern um einer vielleicht doch ungesunden Entfremdung Einhalt zu gebieten.

Ausgangspunkt für ein Kennenlernen der Biologie der Mondrhythmen kann die Besprechung von Ebbe und Flut im Geographieunterricht der 10. Klasse sein. Hier steht man wie so oft an einem methodischen Scheideweg: Stellt man die abstrakte Mondtheorie von Ebbe und Flut in den Vordergrund, so meint der Schüler – ähnlich wie bei heliozentrischen Modellvorstellungen –, die Gezeiten verstanden zu haben, und wird die echten und schwer durchschaubaren Phänomene an den Küsten, die oft nur minimal mit der Theorie übereinstimmen, als sekundär empfinden. Zäumt man die Problematik aber von den beobachtbaren Phänomenen her auf, so wird eine eindeutige Beziehung zwischen dem Mond und der Hydrosphäre deutlich, und die vielfältig verschiedenen Gezeitenrhythmen rund um die Erde ergeben ein viel lebendigeres Bild der Vorgänge.

Durch eine genauere Betrachtung der Gezeitenrhythmik lassen sich mehrere Mondrhythmen im wäßrigen Medium nachweisen und auch ein erster Blick auf das Zusammenwirken z.B. zwischen Mondphasen und Fortpflanzungsvorgängen von Meereslebewesen werfen. Damit wird bereits in dieser Klasse ein allgemeiner Zusammenhang zwischen Mond und Fortpflanzung deutlich.⁵

Eine Klasse höher, in der die Himmelskunde und die Zellenlehre behandelt werden, soll man nach einer Angabe Rudolf Steiners »dasjenige, was in der Zelle vorgeht, als einen kleinen Kosmos betrachten«.⁶ Der Anspruch dieser Forderung ist sehr hoch, eigene Forschungsarbeit ist unumgänglich.

Auf der Suche nach Zusammenhängen zwischen unsichtbar kleinen Zellen und dem allumfassenden Weltall kann zunächst die Beziehung zwischen Polaritäten in einer kleineren Dimension ins Auge fallen: zwischen einem makroskopischen Lebewesen und seinen Zellen.

Zellen führen in einem Organismus kein isoliertes Dasein, sondern folgen

gestaltlich und funktionell den Strukturen und Aufgaben ihres Gewebes. Die vielfältigen Gewebe ihrerseits unterliegen strukturellen und funktionellen Direktiven des Organs, in dem sie lokalisiert sind. Die Organe wiederum führen bei aller Autonomie kein anarchisches Eigenleben, sondern sind eng mit der Gesamtstruktur und den übergeordneten Funktionsbereichen des Gesamtorganismus verbunden. Insofern kann man mit Schülern die Frage nach den Beziehungen zwischen Teil und Ganzem besser an dem kleiner dimensionierten Komplex Zelle und Organismus angehen. Dabei wird deutlich, daß sich die vielen in den meisten Zellen vorhandenen Einzelstrukturen (Zellkern, Golgiapparat, Endoplasmatisches Retikulum, Mitochondrien, Ribosomen usw.) gestaltlich teilweise, funktional aber recht eindeutig den verschiedenen elementaren Funktionssystemen des Gesamtorganismus (Informations- und Steuerungssystem, Atmungs- und Transportsystem und Stoffwechselsystem) zuordnen lassen.⁷

Der Zellkern hat entsprechend der Tätigkeit des Zentralnervensystems Steuerungsfähigkeiten, die er mit Hilfe von Botenstoffen durchführt. Die Sinnesorganfunktion bzw. Informationsaufgabe übernehmen Rezeptoren in der Zellmembran, die ihrerseits über Stoffe mit dem Kern verbunden sind. Transport und Atmung, die makroskopisch durch das Herz-Kreislauf-System und die Lunge bewältigt werden, funktionieren im wesentlichen mit den elektronenmikroskopisch nachweisbaren Zellstrukturen des Golgiapparates und seinen zugehörigen Transportbläschen, im Fall der Zellatmung vor allem mit den Mitochondrien. An Stoffwechselforgängen des Elementarorganismus Zelle sind insbesondere Lysosomen und das Endoplasmatische Retikulum beteiligt.

Auf Grundlage solcher Betrachtungen, die die Korrespondenz zwischen dem Ganzen und seinen Teilen belegen, können weitergehende Fragestellungen angegangen werden.

Neben sicher vielen anderen Möglichkeiten seien noch folgende unterrichtsrelevante Beispiele für den Zusammenhang zwischen Mensch und Kosmos angeführt.⁸

Zyklen der Fortpflanzungsorgane

Die vielfältigen Auswirkungen der Mondrhythmen auf die Organismen der Biosphäre sind eindeutig belegt. Dabei spielen Einflüsse auf den Fortpflanzungsbereich eine dominierende Rolle. Dies gilt auch für den Menschen. Neben Mondwirkungen auf das Farbsehen und die Nierentätigkeit folgt der weibliche Zyklus einem Mondrhythmus. Durch individuelle Variationen des Zyklus ist eine Emanzipation von einer direkten Koppelung mit dem Mondphasenverlauf gegeben, bezüglich der Zykluslänge ist der Zusammenhang mit der Mondrhythmik aber nachweisbar.

Die Besprechung nicht ohne weiteres den Sinnen zugänglicher biologischer Vorgänge kann sich in der 11. Klasse auch auf die menschliche Embryonalentwicklung ausdehnen. Vor der Befruchtung finden im Ovar (Eierstock) Reifungsvorgänge der Eizelle und ihres Follikels (Eibläschen) statt, die bei zeichnerischer Darstellung auffallend an die Mondphasengestalten von Neumond zu Vollmond erinnern. Die Reifung eines solchen Follikels braucht bis zur Ovulation (Eisprung) etwa 14 Tage, also so lange, wie die Lichtgestalt des Mondes am Himmel »reift«. Dabei wird im Sekundärfollikel (bestimmtes Stadium des Eikeims) Flüssigkeit produziert, die zunächst in die Zwischenzellräume abgegeben wird und sich dann in einem schmalen, sichelförmigen Raum um die Eizelle herum sammelt. Diese Follikelhöhle gewinnt durch weitere Flüssigkeitsansammlung nach und nach eine vollere Gestalt, die an den Halbmond erinnert. Der anschwellende Flüssigkeitsraum verdrängt die eigentliche Eizelle langsam an den Rand des Eibläschens. Bis etwa zum vierzehnten Tag schwillt der Flüssigkeitsraum immer stärker an, vergrößert das vorher sehr kleine Bläschen auf ca. 1,5 Zentimeter und durchläuft dabei Gestalten, die den Mondformen vom ersten Viertel bis zum Vollmond gleichen. Die im Verhältnis winzige Eizelle wird gegen den Außenrand gedrängt, und wenn die »Lymphflut« einen vollen, runden Raum gebildet hat, platzt das Bläschen, und die Flut schwemmt die Eizelle ins »Freie«, wo sie normalerweise den Weg zum Eileiter findet, in dem in den darauffolgenden Stunden die Befruchtung stattfindet.

Kernteilungsvorgänge

In der 11. Klasse werden anhand mikroskopischer Studien die Grundlagen der Zellenlehre besprochen. Dazu gehören zwei Arten von Kernteilung, die Mitose und die Meiose. Die Schüler lernen zeichnend die dabei auftretenden Vorgänge der Chromosomenverteilung kennen. Diese sind bei der Mitose und Meiose polar verschieden. Im gesamten Körper finden in teilungsaktiven Geweben nur Mitosen mit anschließenden Zellteilungen statt, während in den Keimdrüsen, und nur dort, die Geschlechtszellen meiotische Kernteilungen zeigen. Die Steuerung dieser Prozesse unterliegt offensichtlich andersartigen Kräften. Mitotische Chromosomen- bzw. Erbgutbehandlung bedeutet: sehr präzise, konservativ-gleichwertige Verteilung der Chromosomen auf die entstehenden Tochterzellen. Nichts wird erneuert oder verändert, sondern das ursprünglich Übernommene wird penibel beibehalten und tradiert, die Zellen stellen nach der Teilung reine Kopien der Stammzelle dar.

Ganz anders verlaufen die Vorgänge in den Geschlechtszellen. Fast in jeder Hinsicht wird hier so mit den Zellen und den Chromosomen während der Meiose umgegangen, daß keine entstehende Zelle mehr mit der anderen iden-

tisch ist. Zahlenveränderungen (23 statt 46 Chromosomen), Umbau und Neukombinationen sind hier das Auffällige, die zugrundeliegenden Kräfte sind denen des Restkörpers polar entgegengesetzt. Nicht orthodoxer und dogmatischer Konservatismus, sondern chaotische, unvorhersehbare Umstrukturierungen sind das Typische. Die »Erfindung« dieses Vorgangs durch die Natur ging mit dem Übergang von der vegetativen zur geschlechtlichen Vermehrung einher, die mit der Variation der Nachkommenschaft im Vergleich mit Eltern und Artgenossen verbunden ist. So ist für den modernen Biologen das ewige Wechselspiel neuer und unvorhersehbarer Erbgutkombinationen in der Meiose der Grund für die physische Individualität geschlechtlich erzeugter Lebewesen.

Damit wird für die Schüler einsichtig, daß der Organbereich von Tier und Mensch, der auffällige Beziehung zum Mond durch gemeinsame Rhythmen hat, im Bereich der Zellkerne Charakteristika aufweist, die an die »Unberechenbarkeit« der Mondbewegung erinnern.

Das wiederum sehr verschiedene Umgehen von weiblichen und männlichen Keimdrüsen mit den Meiose- und Reifungsvorgängen in bezug auf den zeitlichen Verlauf u.a. wird im Unterricht die Frage berühren, warum die Geschlechter hier so verschieden sind und weshalb der weibliche Organismus einer stärkeren Korrespondenz mit der kosmischen Umgebung unterliegt.

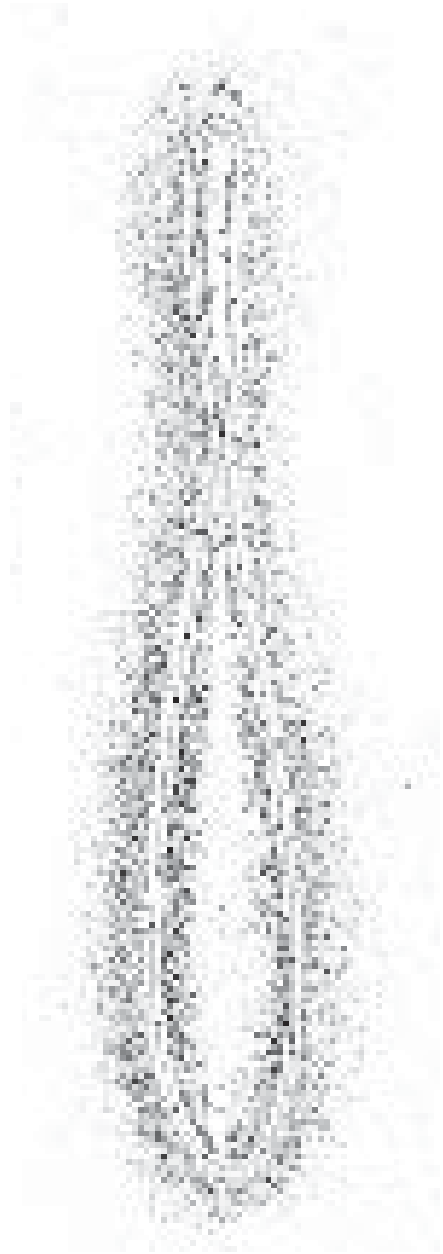


Abb. 2 Schülerzeichnung: Sonnenlemniskate. Die Schüler tragen die Meßwerte zweier Tabellen in ein Koordinatenkreuz ein, bestehend aus Meridian (Senkrechte) und Himmelsäquator (Waagrechte)

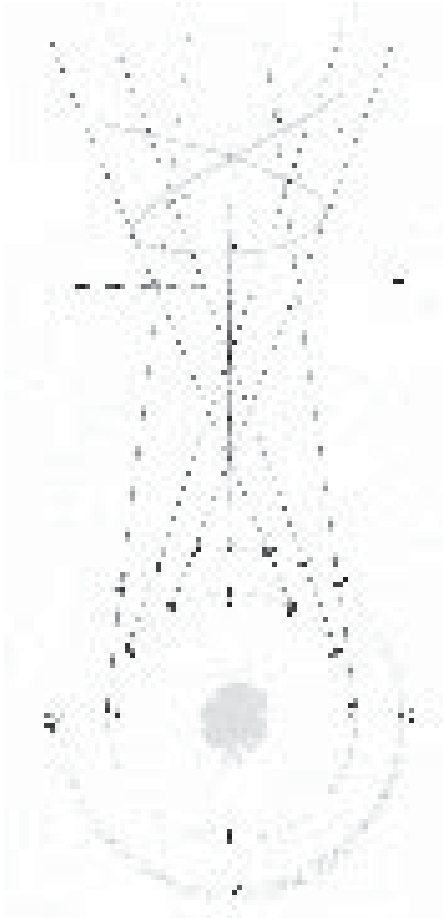


Abb. 3: Konstruktion einer Planetenschleife. Die Schüler tragen wiederum die Meßwerte zweier Tabellen in ein Koordinatenkreuz ein, hier bestehend aus Abweichungen vom Himmelsäquator (Senkrechte) und Entfernungen vom Frühlingspunkt (Waagrechte)

Weitere Bezüge

Ist im Unterricht einmal Wachheit für eine Beziehung des Menschen zur kosmischen Umgebung entstanden, so werden weitere Bezüge gesucht. Relativ naheliegend ist der Zusammenhang von Sonne und Herz. In der 10. Klasse haben die Schüler die zeichnerische Darstellung verschiedener Kreislaufschemata durchgeführt. Die einfachste Form ist die Lemniskate; diese Form ergibt sich auch beim Jahreslauf der Sonne (s. o.).

Bei einer Besprechung des Platonischen Weltenjahres (Wanderung des Frühlingspunktes) kann man auf den ebenfalls in der 10. Klasse behandelten Rhythmus von Atem und Herzschlag hinweisen und die durchschnittliche Zahl der Atemzüge an einem Tag errechnen. Dies ergibt etwa die Zahl 26000. Dieser Wert ist aber auch eine astronomisch bekannte Zahl, die die Wanderung des Frühlingspunktes in Jahren kennzeichnet. Der Frühlingspunkt ist der Schnittpunkt zwischen dem Himmelsäquator (dem an die Fixsternsphäre projizierten Erdäquator) und der Ekliptik (Jahresbahn der Sonne durch den Tierkreis). Diese beiden Kreise sind um 23,5 Grad gegeneinander geneigt. Momentan liegt der Frühlingspunkt

im Sternbild Fische, bleibt dort aber nicht stehen, sondern wandert ganz langsam im Tierkreis weiter, so daß er in etwa 500 Jahren in das Sternbild Wassermann eintreten wird. Der ganze Durchgang des Frühlingspunktes durch den Tierkreis dauert die genannte Zahl von Jahren (vgl. Abb. 4).

Eine weitere Möglichkeit zum Vergleichen kann hier nur angedeutet werden: Metamorphosen im irdischen und planetarischen Bereich. Den Begriff der Metamorphose hat Goethe an der Pflanze entwickelt, deren Blätter vom

untersten bis zum obersten häufig eine allmähliche Formverwandlung («Metamorphose») aufweisen. In der 9. Klasse lernen die Schüler den fein gestuften Gestaltwandel der menschlichen Wirbel und Rippen kennen. Verbindet man die Rippenpaare zeichnerisch vorn und hinten miteinander, so erhält man eine Schleifenbildung, die stark an die Planetenschleifen erinnert. Auch die Planetenschleifen zeigen, nebeneinander gezeichnet, solche Metamorphosen, ebenso die Sonnenlemniskaten (Abb. 5). In der 12. Klasse kann man in der Botanik die unterschiedlichen Gestaltungen der Pflanzenarten mit den Bewegungsformen der Planeten vergleichen.⁹ Eine solche Zusammenschau gibt den kosmischen Vorgängen den Charakter von Lebendigkeit und Entwicklungsmöglichkeit.

Planeten und Metalle

Abschließend soll noch auf eine von Rudolf Steiner angeregte Forschung hingewiesen werden, deren Ergebnis auch außerhalb der anthroposophischen Bewegung Beachtung gefunden hat.¹⁰ Vor Naturwissenschaftlern hatte Steiner einmal die Bemerkung gemacht: »Solange die Stoffe sich in festem Zustande befinden, sind sie den Kräften der Erde unterworfen. Sobald ein Stoff sich in flüssigem Zustande befindet, wirken die Planetenkräfte in ihm.«

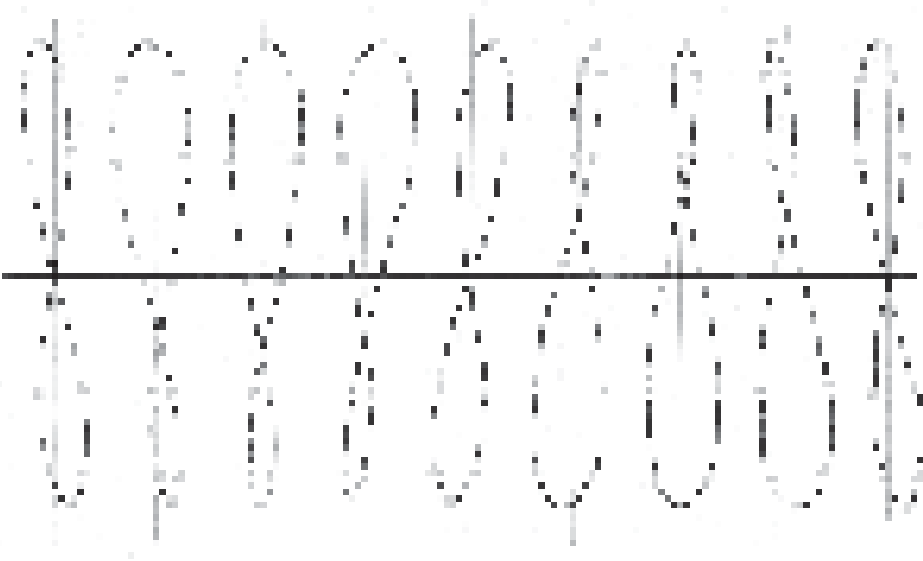


Abb. 4: Metamorphose (Formverwandlung) der Sonnenlemniskate: Allmähliche »Umkehrung« der großen und kleinen Schleife am Himmel und gleichzeitiges Hin- und Herschwingen relativ zum Meridian

Lili Kolisko löste nun z.B. Blei in einer Salzlösung auf; man konnte seine Wirkungen auf Filtrierpapier überwachen. Das Metall zeigte während langer Versuchsreihen immer dieselben Resultate und Erscheinungen. An einem Tage aber waren überhaupt keine Bleiwirkungen feststellbar, und dieses Phänomen trat in dem Moment auf, als Saturn durch die Sonne verdeckt war. Und zwar hörte die Wirkung progressiv mit der Verdeckung des Saturns durch die Sonne auf und nahm progressiv in dem Maße wieder zu, als die Sonne den Saturn freigab. Auch für andere Planeten und Metalle wurden Paralleluntersuchungen vorgenommen, die immer das gleiche Resultat aufwiesen (was photographisch festgehalten wurde¹¹). Und zwar ergab sich eine Zuordnung von Gold und Sonne, Silber und Mond, Quecksilber und Merkur, Kupfer und Venus, Eisen und Mars, Zinn und Jupiter (und, wie erwähnt, Blei und Saturn). Diese Zuordnungen sind nun die gleichen, wie sie vom Altertum bis in die mittelalterliche Alchemie hinein üblich waren. Sollten ältere Kulturen ein »Wissen« gehabt haben, das auf anderen Wegen als der empirischen Forschung gewonnen war?

So läßt sich in vielfacher Weise über Zusammenhänge nachsinnen, wobei viele Fragen offen bleiben; eine Stellung zu ihnen muß der Schüler in seinem späteren Leben selber finden.

Zum Autor: Andreas Haag, Jahrgang 1947, Studium der Biologie (Abschluß als Dipl.-Biol.), daneben Chemie und Geographie. Waldorflehrerseminar in Stuttgart, seit 1981 Oberstufenlehrer in den genannten Fächern in der Michael Bauer Schule in Stuttgart.

Anmerkungen:

- 1 Der Physiker Foucault führte 1850/51 in Paris ein Pendel vor, das seine Schwingungsrichtung änderte. – In Fallversuchen weicht ein störungsfrei fallender Gegenstand gegenüber der Lotrichtung nach Osten ab.
- 2 Maria Thun und Hans Heinze: Anbauversuche über Zusammenhänge zwischen Mondstellung im Tierkreis und Kulturpflanzen. Forschungsring für biologisch-dynamische Wirtschaftsweise (Brandschneise 2, 64295 Darmstadt)
- 3 Durch unkritisches Tradieren überholter Anschauungen und durch weitverbreitete Scharlatanerie ist die Astrologie insgesamt in den Ruf geraten, unseriös zu sein. Es gibt aber sehr ernsthafte Versuche, auch von anthroposophischer Seite, vgl. etwa Rudolf Steiner: Mensch und Sterne (Themen aus dem Gesamtwerk Nr. 16), hrsg. von H. H. Schöffler, Stuttgart 1990 (mit instruktiver Einführung des Herausgebers). Guenther Wachsmuth: Kosmische Aspekte von Geburt und Tod, Dornach ³1990. Heinz Herbert Schöffler: Rudolf Steiner und die Astrologie, Dornach 1996
- 4 »Heliakisch« (zur Sonne gehörig) nennt man den Aufgang eines Sternes oder Sternbildes in der Morgendämmerung und den Untergang eines Sternes in der Abenddämmerung; genauer: das Sichtbarwerden von Sternen und Sternbildern an den Sonnenauf- oder untergangsstellen im Laufe des Jahres durch die ostwärts gerichtete Eigenbewegung der Sonne.
- 5 Vgl. Klaus-Peter Endres / Wolfgang Schad: Biologie des Mondes – Mondperiodik und Lebensrhythmen, Stuttgart/Leipzig (S. Hirzel Verlag) 1997

- 6 Rudolf Steiner, Vortrag am 21.6.1922 (siehe oben Anm. 1)
- 7 Vgl. Johannes W. Rohen, Elke Lütjen-Drecoll: Funktionelle Histologie, Stuttgart, New York 1982
- 8 Vgl. Rudolf Steiner: Das Verhältnis der verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebiete zur Astronomie, GA 323 (z. B. Vorträge am 1.1.21, 5.1.21, 14.1.21). Ders.: Erziehung und Unterricht aus Menschenerkenntnis, GA 302a, Vortrag am 21.6.22
- 9 Siehe Ernst-Michael Kranich: Pflanze und Kosmos – Grundlinien einer kosmologischen Botanik, 3., erw. Aufl. Stuttgart 1997
- 10 Von dem großen Kulturphilosophen Jean Gebser wurde darüber in seinem Büchlein »Abendländische Wandlung« neben anderen umwälzenden modernen Forschungsergebnissen berichtet (Wiederabdruck der 4. Aufl. als Ullstein tb Nr. 107, Berlin 1968, dort Kap. 13)
- 11 Publiziert von Lili Kolisko: Sternenwirken in Erdenstoffen, mehrere Bände, o. J. – Praktische Bedeutung hat die Zuordnung von Metallen und Gestirnen im Rahmen der anthroposophischen Medizin bei der Metalltherapie .

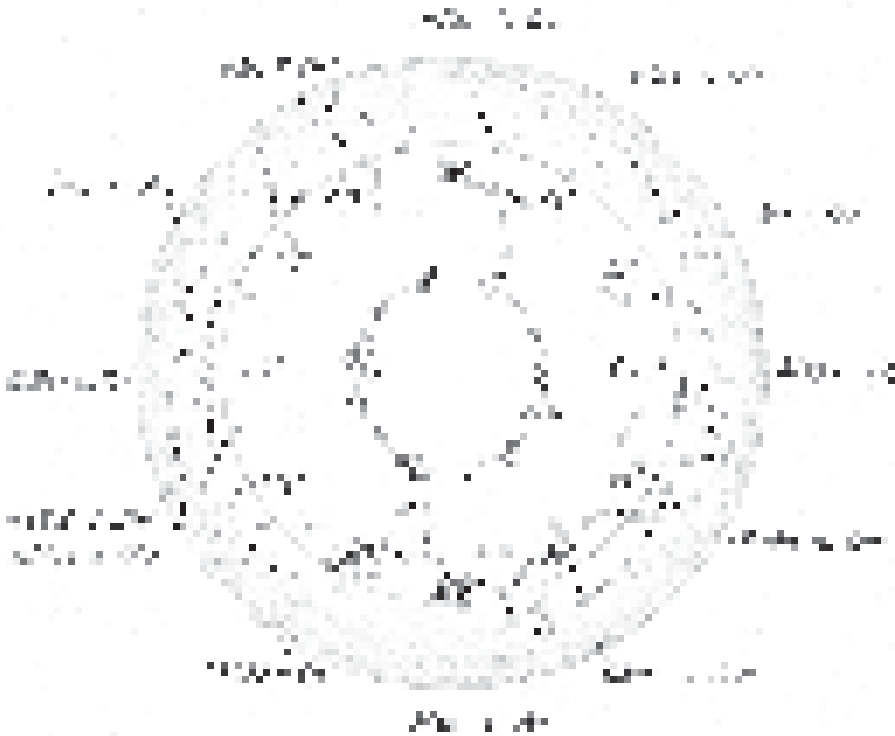


Abb. 5: Wanderung des Frühlingspunktes. Innerer Kreis: Tierkreiszeichen. Mittlerer Kreis: die dazugehörigen Sternbilder des Tierkreises mit Grenzen der einzelnen Sternbilder in Winkelgraden. Äußerer Kreis: Eintreten des Frühlingspunktes in die zwölf Sternbilder