

4. Elementare Himmelskunde

Die Astronomie ist die älteste der Naturwissenschaften. Die Beobachtung von Sonne, Mond und Sternen reicht zurück bis in Zeiten, von denen wir keine genauen Überlieferungen haben (z.B. Stonehenge). Schon 585 vor Christus konnte Thales eine Sonnenfinsternis voraussagen. Die Astronomie ist auch eine der sieben Künste, die seit dem vierten Jahrhundert vor Christus bis in die Neuzeit den Lehrplan des Abendlandes geprägt haben²³³. Heute ist die Astronomie als eigenständiges Fach aus vielen Lehrplänen verschwunden, sie wird zum Teil der Geographie (Die Erde als Himmelskörper) und zum Teil der Physik (Gravitation, Astrophysik) angegliedert. Und meistens haben dann die elementaren Kenntnisse keinen Platz, man beginnt sofort mit Modellen und setzt Kopernikus als selbstverständlich voraus.

Für Wagenschein war die Astronomie ein Lebensthema. In zahlreichen Texten hat er immer wieder über Astronomie geschrieben. In seinem Hauptwerk zur Astronomie: „Die Erde unter den Sternen“ (zusammengefasst in Kapitel 4.1.2) beschreibt er den genetischen Weg von den elementaren Beobachtungen bis zum heliozentrischen Weltbild. Bei der Ausarbeitung des Lehrstücks ist uns deutlich geworden, dass der lange Weg von den elementaren Beobachtungen bis Kopernikus den Rahmen eines Lehrstücks sprengen würde. Wir haben uns deshalb entschlossen, im Lehrstück „Elementare Himmelskunde“ die Bewegung von Sonne, Mond und Sternen so darzustellen, wie wir sie am Himmel beobachten. Wir bleiben damit in der griechischen Geozentrik. Mit der Zeit ist uns auch deutlich geworden: Zu einer elementaren Himmelskunde gehört auch die Erde: die Weltkarte mit den Kontinenten und Meeren und die Erde als Kugel. Die Wende vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild - Kopernikus und Galilei - und die Begründung dieses Weltbildes durch Newtons Gravitationsgesetz muss ein zweiter, eigenständiger Schritt sein, der im Lehrstück „Elementare Himmelskunde“ nicht Platz hat, und von dort ist es dann nochmals ein weiterer grosser Schritt zur heutigen Astronomie: Galaxien, Urknall, Supernova und schwarze Löcher.

Das Lehrstück „Elementare Himmelskunde“ birgt noch eine weitere Schwierigkeit: Die Inszenierung hängt von den Wetterverhältnissen ab. Jede Inszenierung gestaltet sich deshalb immer wieder anders, und daher wird für die Präsentation folgende Form gewählt: Zuerst wird ein fiktiver Unterricht beschrieben (Kapitel 4.2.2) So stellen wir uns eine Inszenierung des Lehrstücks unter idealen Bedingungen vor. Danach werden die verschiedenen Inszenierungen, die bereits stattgefunden haben, in Kurzform dargestellt und so gezeigt, wie, angepasst an die gegebenen Rahmenbedingungen und an das Wetter, der Kurs durchgeführt wurde.

Die didaktische Interpretation gliedert sich gewissermassen in zwei Teile: In einem ersten Teil werden die Frage nach dem Genetischen und die Funktionsziele von Wagenschein an seinem Text „Die Erde unter den Sternen“ diskutiert. In einem zweiten Teil werden dann die didaktischen Begriffe genetisch, sokratisch, exemplarisch und dramaturgisch am Lehrstück „Elementare Himmelskunde“ untersucht.

²³³Albert Reble: Geschichte der Pädagogik; S.27

4.1. Vorlage

4.1.1. Himmelskunde bei Wagenschein

Literatur: NP = Natur physikalisch gesehen; Diesterweg 1953
 P = Die pädagogische Dimension der Physik, Westermann 1962
 UI / UII = Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken, Band I und II; Klett 1965 und 1970
 V = Verstehen lehren; Beltz 1968
 N = Naturphänomene sehen und verstehen; Klett 1980

Zum Keplerschen Gesetz (1935)

Ausschnitt aus „Physikalischer Unterricht und Intellektualismus“, Zeitschrift für Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen, 1935, U I S.37, N S.280-281
 Einfache Gedankengänge zum Entstehen der Ellipsenbahn

Die Errungenschaften der Astronomie (1951)

Die Sammlung, 1951, S.194-196; U I S.180-181
 Die Astronomie zeigt uns eine kalte, leere Welt. Mit dem Herzen sehen wir einen anderen Sternenhimmel: den „schweigenden, hütenden Rätselblick der Sternenkuppel“.

Fernrohrfreuden (1953)

Allg.Deutsche Zeitung, 1953; UI, S.6-48, N, S.281-283
 Betrachten eines Kometen, von Jupiter und Saturn: die Begeisterung von Galilei und die Ablehnung der Astronomie durch Goethe, weil ein Instrument (das Fernrohr) benötigt wird.

Die Erde unter den Sternen (1955)

Beltz-Verlag
 1. Erde als Kugel
 Vollmond - Mondfinsternis (S.7-9), Schiff versinkt im Meer (S.9/10), um die Erde herumfahren (S.11); Problem der Antipoden: Unten ist immer, wo der Erdboden ist (S.11-13).
 2. Der Himmel
 Die Sterne sind auch am Tag da (S.14), Sternbilder (S.14), Mond und Sterne sind sehr weit entfernt (S.15), Modell mit Glaskugel und Erde im Zentrum (S.15), Sternbilder kreisen um uns, Polarstern steht fest, erst im Fernrohr sieht man, dass auch er einen kleinen Kreis beschreibt (S.16-19).
 3. Sonne und Mond
 Die Pole sind mit Eis bedeckt: Die Sonne hält sich über dem Äquator auf (S.21), der Mond bewegt sich langsamer als die Sterne (S.22-23), Mondphasen (Zeichnung mit Münchhausen) (S.23), die Sonne steht weiter hinten als der Mond (S.24), Zeichnung mit Sternbild und Mond in Berlin und Kapstadt (S.24), Entfernung des Mondes aus diesem "Daumensprung": dreissig Erdkugeln (S.25), Bestimmung der Mondentfernung mit Winkelmessung in Berlin und Kapstadt (Zusatz, S.53-54), Entfernung und Grösse der Sonne (S.26), Sonnenentfernung nach Aristarch mit Hilfe des Halbmonds (Zusatz, S.54-56).

4. Planeten

Planeten wandern durch den Tierkreis (S.27), Beschreibung der Planeten (S.27-28), Daumensprung der Planeten ist viel kleiner als beim Mond: Sie sind weiter entfernt (S.28), Venusphasen (S.29-30).

5. Zweifel

Trotz unterschiedlicher Entfernung dreht alles miteinander um die Erde, zudem muss die Sonne auf Grund ihrer grossen Entfernung jeden Tag eine riesige Reise machen (S.29).

6. Die wälzende Erde

relative Bewegung (S.30), Diskussion der Bedenken gegen Erddrehung (fiktives Gespräch) (S.31-34), Fallversuche zum Beweis der Erddrehung (S.34-35).

7. Bahnen der Sonne und der Planeten

Sonne bewegt sich in einem Jahr durch den Tierkreis (S.36-37), Erklärung der Jahreszeiten (S.37), Planeten beschreiben Schleifenbahnen (S.39).

8. Die fliegende Erde

Kopernikus: die Erde dreht sich um die Sonne (S.40), mit dieser Idee löst sich das Rätsel der Planetenschleifen (S.41), Zitate von Kopernikus und Kepler (S.42), Modell mit dem Wald, Kopf hin und herbewegen (S.43-44): Parallaxe / Bessel (S.44), die schräge Erdachse (S.46-47), das Gewölbe des Fixsternhimmels löst sich auf: die Sterne sind im Raum verteilt (S.49).

Will der Stein oder muss er fallen? (1955)

Die Sammlung 1955 (269-271); UI S.282-284; N S.197-199;

Alles fällt gegen den Erdmittelpunkt. Was ist dort los? Ein Pendel zeigt in der Nähe eines Berges etwas auf diesen zu. Ein Pendel schwingt in einem tiefen Schacht langsamer. Sitzt die Kraft in der Erdrinde? Nein, sonst würde das Pendel auf dem Kopf stehen. Lösung: Die Anziehung steckt nicht im Zentrum, sondern im ganzen Leib (Kepler).

Himmelskunde (1955)

Die Sammlung 1955 (219-221); UI, S.280-281; N, S.268-270;

Wie kann man Kinder überzeugen, dass die Erde eine Kugel ist? Studentin: Heute kann man herumfahren, und jedes Kind kennt den Globus. Wagenschein: Und die Antipoden? Student: Wie Fliegen an der Decke. Wagenschein: Saugnäpfe? Student: Luftdruck spielt mit. Student: Ein Bein wird auch schwerer, wenn's vom Badewasser in das Gebiet des Luftdrucks kommt. Student: arithmetisches Prinzip. Student: Nein, hängt mit Erdrotation zusammen. Student: Hängt mit der Grösse zusammen: Staub fällt auch nicht vom Globus herunter. Studentin: Hat mit Erdmagnetismus zu tun.

Planeten; Mondsichel (1956)

Ausschnitt aus: Was bedeutet naturwissenschaftliche Allgemeinbildung, U II; S.133; N, S.274

Fast niemand hat einen Planeten am Himmel wirklich verfolgt: Er macht eine Schleifenbahn, er beschreibt keine Ellipse.

Verwechslung von Mondphasen mit Erdschatten

Der gestirnte Himmel über uns (1956)

Die Sammlung, 1956; U I, S.317-319; N S.283-85

Die Zuverlässigkeit, das Ewige der Himmelskuppel hat etwas Tröstliches, gibt uns Halt. Inzwischen wissen wir, dass die Sternbilder nicht ewig gleich sind. Was bedeutet das für uns? Gespräch zwischen zwei Physikern

Weltraumfahrt: Wo endet der Anziehungsbereich der Erde? (1960)

Ausschnitt aus: Was bleibt unseren Abiturienten vom Physikunterricht, Zeitschrift für Pädagogik, 1960; U I S.387, 390-397; N S.270-271

Antworten von 14 Studenten auf die Frage: Wo endet der Anziehungsbereich der Erde?

Geometrie aus der Erde (1961)

Deutsche Schule 1/61; UI 430-434; N S.298-302;

Bestimmung des Erdradius nach Eratosthenes

Wie weit ist der Mond von uns entfernt? (1962)

P. S.250-254; N. S.302-308

Bestimmung mit Winkelmessung Berlin und Kapstadt und Bestimmung mit der Verschiebung innerhalb eines Sternbilds zwischen Berlin und Kapstadt (Daumensprung)

Die Mondsichel - Wintersternbilder (1966)

Ausschnitt aus: Verdunkelndes Wissen, Frankfurter Hefte, S.261-268; V S62-65; U II 58-67

Zur Mondsichel: Viele Menschen glauben, Mondphasen entstünden durch den Schatten der Erde. Wichtiger Hinweis: Sonne und Mond zusammen anschauen. Zu den Wintersternbildern: Orion ist im Sommer nicht zu sehen, wo ist er? Wenn man ihn im Winter ins Auge fasst und verfolgt, sieht man, wie er sich im Lauf des Frühlings immer näher an die Sonne schiebt.

Erdrotation (1968)

V S.89-90 und 91-95

Wer den Foucault-Versuch gesehen und verstanden hat, muss die Erdrotation zugeben. Aber: Wie kam Foucault darauf? Aristarch hatte den genialen Einfall, Sonne und Mond als eine Gestalt anzuschauen.

„Zum ersten Mal hat der Mensch das Schwerfeld der Erde verlassen“ - denkste (1971)

Ausschnitt aus: Was bleibt [verfolgt am Beispiel der Physik] in: J.Flügge: Zur Pathologie des Unterrichts, S.74-91; N S.272-273

Drei Zitate aus Zeitschriften werden unter die Lupe genommen: erstes Zitat:

„Schwerfeld verlassen“; zweites Zitat: ist richtig, aber zu kompliziert ; drittes Zitat: Mondphase = Mondschaten

Kinder und der Mond (1973)

Ausschnitt aus: Kinder auf dem Wege zur Physik, S.16ff; N S.275-278

Zitate, was Kinder über den Mond denken

Wissenschaftsverständigkeit (1975)

Neue Sammlung 1975 (315-327); N, S.287 ff

Dass die Erde sich bewegt, ist Glaube aber nicht Überzeugung. Zitate von Koyré, die Schauer vor dem endlosen leeren Raum mit den unzähligen Galaxien und Sternen. Vorschlag, wie man anders vorgehen könnte:

1. Erdkrümmung nach Eratosthenes
2. Mondentfernung mit der Winkelmessung in Berlin und Kapstadt
3. Fallversuche von Benzenberg
4. Newtons Entdeckung der Gravitation an der Bewegung des Mondes
5. Parallaxe

Der Mond und seine Bewegung (1975)

NP S.59-81

1. Erst beim intensiven Betrachten der Mondsichel und der Sonne, z.B. am Abendhimmel kann erlebt werden: Die Sonne beleuchtet den Mond und steht viel weiter hinten.
2. Aristarch: Berechnung, wie viel weiter die Sonne entfernt ist als der Mond, durch das Dreieck Halbmond-Erde-Sonne.
3. Entfernung des Mondes durch die Winkelmessung in Berlin und Kapstadt
4. Grösse von Sonne und Mond
5. Erddrehung und Umlauf um die Sonne wird hier vorausgesetzt (S.69/70).
Bewegung des Mondes durch die Sternbilder heisst dann: Die Kugel des Mondes schwebt im Weltall, er ist nicht auf der Himmelskuppel (70)
6. Was hält den Mond auf seiner Bahn? Newtons Entdeckung der Gravitation (wichtiges Zitat Newtons S.71!) , Zeichnung von Newton aus Principia (geworfener Stein) (S.72/73)
7. Mit geometrischer Überlegung: Der Mond fällt in jeder Sekunde 1,3 mm.
8. Daraus folgt nun die Erkenntnis: Die Schwerkraft nimmt quadratisch mit der Entfernung ab. Die Schwerkraft reicht also bis zum Mond und ohne Ende immer weiter, aber sie wird immer schwächer.

Die Erfahrung des Erdballs (1967)

Der Physikunterricht, 1/67, U II S.25-58; N S.309-342;

1.Kugelgestalt der Erde

Schiff, das im Meer verschwindet, Satellitenbilder, Wolken von unten betrachten, rund herum fahren (S.312/13 in N)

Die Griechen wussten es, weil sie bei Nord-Süd-Reisen die Veränderung der Sternbilder beobachteten, insbesondere die regelmässige Änderung der Höhe des Polarsterns (S.313)

Eratosthenes berechnete den Erdumfang (S.313, nur Hinweis)

Mondfinsternis (S.314/15), braucht das Verständnis der Mondphasen (S.315)

2.Anziehungskraft

Die schwebende Kugel führt zum Problem der Antipoden (S.316) Unterschied: Unten und Innen (S.317/18)

Zudem: Sollte nicht die Erde als ganzes im Weltraum abstürzen? (S.318)

Die Anziehungskraft der Erde: Will oder muss der Stein fallen? (S.321)? Lösung:

Auf einem Berg ist das Gewicht eines Steins kleiner: spricht für Anziehungskraft.

(S.321) aber: im tiefen Schacht ist die Anziehung auch wieder weniger (S.321)

Zudem: Ein grosser Berg bewirkt eine seitliche Anziehung (S.321/22) Ergänzung:

Jupiter mit Monden (S.322) Insgesamt ergibt sich: Die Anziehung steckt im Leib, nicht im Zentrum (Kepler, S.323)

3.Erdrotation

Wurzeln bei Aristarch (S.325) Wie kam er darauf?

Mondphasen verstehen: Sonne viel weiter hinten. Warum gehen die so weit voneinander entfernten Himmelskörper miteinander auf und unter? Ist aber noch kein Beweis (S.327)

Einwand des Ostwindes und der fallenden Äpfel (S.328)

Fallversuche zeigen: Ostabweichung: Beweis für Erddrehung (S.329-331)

Foucaultpendel ist schwer verständlich (S.329), Passatwinde überzeugen weniger (S.330)

4.Die Erde bewegt sich um die Sonne

Wintersternbilder (S.333)

Planetenbahnen (S.333/34)

Parallaxe (S.335/336)

5.afrikanische Schüler und Schülerinnen

Ist die Erde wirklich rund? (S.340/41)

Die beiden Monde (1979)

Scheidewege 4/79, S.463-475 und Erinnerungen für morgen, S.154-166

Es gibt den Mond der Dichter, der unsere Gefühle anspricht, und den Mond der Astronauten und Physiker: Die kalte Steinwüste. Es muss unser Ziel sein, beide Sichten als Aspekte des Mondes zu sehen, wir dürfen nicht die eine Sicht als die richtige anerkennen.

Der Mond reist mit nach Ulm (1979)

Norbyrischer Kurier 17./18.11.79

Beim Zugfahren beobachtet ein Kind, dass der Mond mitfährt. Im Text geht es Wagenschein um das spontane, unvoreingenommene Denken der Kinder.

4.2.1. Zusammenfassung von „Die Erde unter den Sternen“

„Um das astronomische Wissen glaubhaft zu machen, muss dem Denken möglichst lange das Geleit des Herzens gegeben werden“, schreibt Wagenschein in der Einleitung zu diesem kleinen Buch. Der Lehrgang beginnt mit dem Vollmond: Wenn er im Osten aufgeht, eine weisse Kugel am schon dunkelblauen Himmel, dann geht im Westen, dem Mond gegenüber, die rotglühende Sonne unter. Sie scheint dem Mond also mitten ins Gesicht, und die Erde steht zwischen den beiden. Hin und wieder steht die Erde dann gerade so, dass ihr Schatten auf den Mond fällt. Wir nennen das eine Mondfinsternis. Langsam bedeckt der Schatten der Erde den Mond, und wir sehen dabei, dass der Schatten eine kreisförmige Scheibe ist. Aus dieser Beobachtung erkennen wir - und das war auch schon Aristoteles bekannt -, dass die Erde eine Kugel ist. Ein zweiter wichtiger Beweis fehlt in Wagenscheins kleinem Buch. Wir finden ihn in einem späteren Wagenschein-Text²³⁴ : Auf einer Reise von Süden nach Norden nimmt die Höhe des Polarsterns regelmässig zu. Auch das war Aristoteles bekannt; er war sich deshalb der runden Erde sicher. Wagenschein erwähnt die Beobachtung, dass von einem Schiff, das von der Küste wegfährt, zuerst der Rumpf verschwindet, während der Mast noch sichtbar ist. Aller-

²³⁴ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; 29

dings muss das Schiff dabei weit ins Meer hinausfahren, und das lässt uns ahnen, wie riesig der Erdball sein muss. Eratosthenes hat ihn vermessen: Wenn die Sonne senkrecht über Assuan steht, wirft ein Obelisk im fernen Alexandrien einen Schatten. In einem andern Text²³⁵ zeigt Wagenschein, wie man aus der Schattenlänge und der Distanz Assuan-Alexandrien mit einer einfachen geometrischen Überlegung die Grösse der Erde ermitteln kann. Seit Magellan die Erde umsegelt hat, sind die letzten Zweifel über die Kugelgestalt der Erde beseitigt. Heute können wir den Erdball auf Satellitenaufnahmen sehen. Diese Möglichkeit gab es noch nicht, als Wagenschein 1955 sein Himmelskundebüchlein veröffentlichte. Der erste Satellit, Sputnik, umkreiste 1959 die Erde, und er konnte noch keine Photos, sondern nur pip-pip -Töne zur Erde senden.

Die Erde ist ein Ball, das wissen wir jetzt, nur: warum fallen die Menschen auf der uns gegenüberliegenden Seite nicht ab? Und müsste nicht die ganze Erde nach unten fallen? Nein: Unten ist immer dort, wo der Erdboden ist. Und wenn die Erde als ganzes nach unten stürzen sollte, so hiesse das: nach innen. „Das hat sie längst getan, so sehr sie es konnte (und vielleicht ist sie deshalb so schön rund geworden).“ (S.13) Das Problem der Antipoden ist in „Erfahrung des Erdballs“ ausführlich behandelt bis hin zur Erkenntnis: Die Kraft steckt im Leib und nicht im Zentrum (Kepler)²³⁶.

Wagenschein wendet sich nun den Sternen zu: „Die Sterne sind nicht nur in der Nacht unsere Wächter. Sie umstehen uns auch am Tag, nur verborgen hinter der lichtblauen blendenden luftigen Wand. Da ein jedes Volk, ein jedes Land, Himmel und Sterne über sich hat, so wird der Erdball auf allen Seiten von Sternen angesehen. Eine lichter-besteckte Kugel umscheint unsere Erde.“ (S.14)



Wenn wir reisen, dann verschieben sich Mond und Sterne gegenüber Bäumen und Bergen, sie reisen mit uns, und wir schliessen daraus, dass sie sehr weit entfernt sein müssen. Und noch etwas können wir feststellen, wenn wir genug Geduld haben - eine Stunde in der Nacht genügt schon, um zu sehen: Die ganze Himmelskugel mit Mond und Sternen dreht sich um uns herum. Nur ein einziger Stern, der Polarstern, bleibt fest. Um ihn herum kreisen alle Sternbilder. Und wenn wir mit einem Fernrohr genau schauen, so merken wir, dass sogar der Polarstern einen ganz kleinen Kreis beschreibt um einen leeren Punkt an der Himmelskugel, den wir Himmelspol nennen. Um ihn dreht sich alles. Die Orte der Erde, die den Himmelspolen am nächsten stehen, sind die Erdpole. Sie sind mit Eis bedeckt, denn die Sonne ist über dem Aequator zuhause und wärmt die Pole nur wenig.

²³⁵ Martin Wagenschein: Mathematik aus der Erde; In: M.Wagenschein: Naturphänomene sehen und verstehen; S.298-299

²³⁶ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.316-324

Wenn wir den Mond an zwei Abenden verfolgen, so merken wir, dass er keinen festen Wohnort auf der Himmelskugel hat. Während er von der drehenden Himmelskugel mitgenommen wird, läuft er langsam in der Gegenrichtung, „wie ein Käfer, der auf einem schnell drehenden Mühlrad langsam der Drehrichtung entgegenläuft.“ (S.22)

Auch hinter der Sonne bleibt der schmale Sichelmond jeden Tag ein deutliches Stück zurück. Gleichzeitig wird die Sichel breiter, und der Mond leuchtet immer heller. Wenn man genau hinschaut, - bei der schmalen Sichel sieht man es besonders gut, weil sie uns noch nicht so hell blendet - erkennt man, dass er immer eine volle runde Kugel ist, die im Licht der viel weiter hinten stehenden Sonne steht. Der Mond sitzt also nicht auf der Himmelskugel, er ist näher bei uns. Wenn wir von Berlin nach Kapstadt fahren, verschiebt sich der Mond gegenüber den Sternen ein wenig, weil er vor den Sternen schwebt. Im Anhang des Büchleins beschreibt Wagenschein, wie man die Entfernung des Mondes ermitteln kann: Lacaille und Lalande haben 1752 den Mond gleichzeitig von Berlin und von Kapstadt aus anvisiert. „Ein Streichholz, mit Knetgummi (auf den Globus [U.A.] aufgesetzt, zeigt den Berliner, ein schwarzes Streichholz, knapp einen Viertelkreis davon entfernt in Kapstadt aufgesetzt, den Kapstädter. ... Jeder sieht nur einen kleinen Umkreis, den er für die Erdscheibe hält. Deshalb setze ich jedem noch einen Papierteller unter, das ist sein Horizont. Beide sehen nun den Mond ...“ (S.53) Wagenschein gibt dann die Daten für die Messung von 1752 und lässt die Situation auf einem Papier aufzeichnen. „Ein Kreis von 10 cm Durchmesser sei die Erde.“ Dann werden der Berliner und der Kapstädter mit ihren Blickrichtungen zum Mond aufgezeichnet. „Die Blickrichtungen laufen nicht ganz parallel, sie zielen auf den fernen Mond. Wir verlängern sie mit dem Lineal, bis wir ihn haben. Er liegt weit draussen. Das Papier muss über drei Meter lang sein.“ (S.54)

Dreissig Erdkugeln muss man also nebeneinanderlegen, um bis zum Mond zu gelangen. Und wenn wir nun wissen, wie weit der Mond entfernt ist, können wir mit dem Strahlensatz auch seine Grösse ausrechnen: Sein Durchmesser ist etwa vier mal kleiner als derjenige der Erde. Christoph Raebiger hat gezeigt, wie schon Aristarch - aus der Messung des Erdschattens bei einer Mondfinsternis - die Grösse des Mondes ermittelte²³⁷. Das Verfahren ist allerdings weniger leicht zu durchschauen als die Winkelmessung von Lacaille und Lalande; hat Wagenschein deshalb die alte Überlegung von Aristarch nicht erwähnt? Eine andere Messung von Aristarch erwähnt Wagenschein im Anhang seines Büchleins (S.54ff): Die Bestimmung der Entfernung der Sonne. Bei Halbmond bilden Sonne, Erde und Mond ein rechtwinkliges Dreieck (der rechte Winkel liegt beim Mond). Wir bestimmen den Winkel zwischen Sonne und Mond - schwierig zu messen, weil es fast ein rechter Winkel ist - und ermitteln daraus, dass die Sonne 400 mal weiter entfernt ist als der Mond. Und weil Sonne und Mond am Himmel gleich gross erscheinen - bei einer Sonnenfinsternis sieht man das besonders deutlich - muss die Sonne 400 mal grösser als der Mond oder 100 mal grösser als die Erde sein.

In ewig gleicher Anordnung umkreisen die Sterne die Erde. Um uns am Himmel zurechtzufinden, sind Gruppen von Sternen zu Sternbildern zusammengefasst. Sie tragen Namen von griechischen Göttern und Helden und widerspiegeln die Sagen der griechischen Mythologie. Erstaunlich, dass Wagenschein darauf nie eingeht, weder in „Die Erde unter den Sternen“ noch in anderen Aufsätzen zur Himmels-

²³⁷ Christoph Raebiger: Was lehren uns des Mondes Licht und Schattenphänomene? In: Lutz Fiesser (Hrsg.): „Wie war das noch ...?“, Physikseminar der Pädagogischen Hochschule, Flensburg, 1988

kunde! Fünf „Sterne“ allerdings verschieben sich im Lauf der Zeit durch die Sternbilder des Tierkreises. Es sind die Planeten: Venus, als strahlender, heller Morgen- oder Abendstern bekannt, Mars, durch seine rötliche Farbe gekennzeichnet, Jupiter, der König der Planeten, Saturn, der langsam und ruhig seine Bahn durch den Tierkreis zieht, und Merkur, der schwierig zu erkennen ist, weil er immer nahe bei der Sonne steht.

Im Fernrohr kann man erkennen, dass Venus Phasen zeigt, genauso wie der Mond. Allerdings: Wenn das Scheibchen fast voll ist, wenn die Sonne der Venus ins Gesicht scheint, steht sie näher bei der Sonne - wir müssen daraus schliessen, dass Venus in dieser Situation hinter der Sonne schwebt.

Nicht nur der Mond, auch die Planeten verschieben sich gegenüber den Sternen, wenn wir von Berlin nach Kapstadt reisen. Nur ganz wenig zwar, aber es genügt, um zu erkennen: Wie ruhig dahingleitende Vögel vor dem Hintergrund der entfernten Berge schweben die Planeten vor den weit entfernten Sternen.

Das ruft nun Zweifel hervor: Warum gehen Sterne, Planeten und Sonne trotz unterschiedlicher Entfernungen miteinander auf und unter? Und wie kann die weit entfernte Sonne in einem Tag eine so riesige Bahn durchlaufen? Wagenschein erinnert uns an das Relative einer Bewegung: Wenn wir den Wolken zuschauen oder von einem fahrenden Schiff in die Wellen blicken oder aus dem Fenster eines Zuges den Nachbarzug sehen: Bewegen wir uns, oder bewegen sich die Wolken, das Wasser oder der andere Zug? Könnte es nicht am Himmel auch so sein: dass die Erde sich dreht und nicht der Himmel mit Sonne, Mond und Sternen? Dann wären die erwähnten Zweifel geklärt. Kopernikus hat vor vierhundert Jahren so überlegt. Es gibt allerdings Einwände gegen diese neue Vorstellung: Müssten wir nicht einen heftigen Wind spüren, wenn sich die Erde jeden Tag einmal um sich selber drehte? Nein, denn die Luft dreht sich mit der Erde zusammen. Aber warum ist die Erde nach so langer Zeit noch nicht zur Ruhe gekommen? Weil niemand sie bremst! Und schliesslich: Warum fällt ein Apfel nicht in den Garten des Nachbarn, wenn sich doch die Erde unter ihm wegbewegt? Es ist wie bei der Luft: Der Apfel nimmt bei seinem Fall den Schwung der Erddrehung mit. Der fallende Apfel führt uns nun gar zu dem Einfall, wie man die Erddrehung nachweisen könnte: Oben im Baum hat der Apfel eine grössere Geschwindigkeit, er muss ja in einem Tag einen etwas grösseren Kreis zurücklegen. Deshalb müsste eigentlich der Apfel ein kleines Stück Richtung Osten vorausfliegen. Das tut er auch und beweist damit die Erddrehung. In „Die Erfahrung des Erdballs“ beschreibt Wagenschein die Fallversuche ausführlich. Newton hat als erster darauf hingewiesen, aber es dauerte über hundert Jahre, bis Guglielmini ein erstes - noch sehr fragwürdiges - Ergebnis erhielt. Erst Benzenberg und später Flammarion konnten mit Fallversuchen die Drehung der Erde wirklich beweisen. Wie gering - und durch zufällige Störungen überlagert - die Abweichung ist, verdeutlicht die Abbildung mit den Aufschlagpunkten aus der Messung von Flammarion²³⁸.

In welchem Sternbild ist die Sonne zuhause? Wir können die Sterne am Tag nicht sehen, aber wenn wir ein Sternbild, etwa den im Sommer schön sichtbaren Löwen vom Frühling in den Sommer verfolgen, so sehen wir, wie er immer näher an die Sonne rückt: Im Herbst schliesslich steht er dann hinter der Sonne, die also gar keinen festen Platz in einem Sternbild hat. Auch sie wandert im Laufe des Jahres durch alle Sternbilder des Tierkreises.

²³⁸ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs, S.331

Und so hat sich unser Weltbild nun gegenüber dem ersten Bild verändert: Auf der weit entfernten Himmelskugel ruhen die Sterne. Sonne, Mond und Planeten schweben im Vordergrund und bewegen sich gegenüber den Sternen - schnell der Mond, langsamer die Sonne und die Planeten. In der Mitte steht die Erde, die sich einmal pro Tag um sich selber dreht.

Wir wissen es: Die Sonne steht nicht immer über dem Aequator. Im Sommer steht sie weiter nördlich und daher bei uns hoch am Himmel, im Winter weiter südlich und bei uns nur wenig über dem Horizont. Warum macht die Sonne diesen schrägen Jahresrundgang? Und wie ist es überhaupt möglich, dass die riesige Sonne um die Erde schwingt?

Eine weitere seltsame Entdeckung kommt dazu: Wenn wir die Planeten sorgfältig verfolgen, entdecken wir ihre merkwürdige Bewegung: Gelegentlich zögern sie in ihrem Lauf, wenden, laufen einige Zeit rückwärts und wenden dann wieder zu ihrer ursprünglichen Richtung.

Auch diesen gordischen Knoten durchschlägt Kopernikus mit der kühnen Behauptung, dass die kleine Erde um die riesige Sonne laufe. Es wäre natürlicher, und das Rätsel der Planetenbahnen löst sich: „Die Schlingen, die wir sie (die Planeten [U.A.]) fahren sehen, sind Täuschungen, sind Abbild unseres eigenen Kreisens um die Sonne, seine Spiegelung an der fernen Himmelswand!“ (S.41) Wagenschein zitiert dazu Kopernikus : „Alles, was an Bewegung am Fixsternhimmel sichtbar wird, ist nicht von sich aus so, sondern von der Erde aus gesehen“ und Kepler: „das diser lauff, ... nur ein scheinlauff seye, vnd daher khompt, weil die Erd mit vns vmbgehet“ (S.42). Ist es wirklich so? Es gibt einen Beweis: Die näheren Sterne müssen im Takt unseres Jahres, verglichen mit den weit entfernten, einen kleinen Hin- und Hergang machen. Die Astronomen nennen diese Bewegung Parallaxe. Sie ist sehr gering, und so gelang es erst 1838 Bessel, den ersten schaukelnden Stern zu finden. Wagenschein lässt Bessel in „Die Erfahrung des Erdballs“ selber zu Wort kommen: „Als ich die grosse Eigenbewegung des 61. Sterns im Schwan erkannte, hob ich die Aussicht heraus, seine jährliche Parallaxe grösser zu finden als die fruchtlos gesuchten jährlichen Parallaxen anderer Sterne“²³⁹

Damit gibt es keinen Zweifel mehr: „Der Erdball fliegt wirklich im Kreis um die Sonne“ (S.44) und mit ihm die Planeten. Je weiter aussen sie sind, desto langsamer ist ihr Lauf. Und die Erdachse „steht nicht lotrecht auf dem Feld unseres (und aller Planeten) Laufes. ...Stünde sie lotrecht, so wäre die Welt ebenmässiger, aber auch eintöniger: Dieser Schräge allein verdanken wir die Jahreszeiten.“ (S.47) Der Mond ist der einzige, „der uns noch als Mitte nimmt.“ (S.47) Seinen Flug kann man als Wurf um die Erde verstehen, aus dieser Idee hat Newton das Gravitationsgesetz gewonnen.²⁴⁰

Noch ein zweites folgt aus Bessels Messung: „Das Gewölbe des Fixsternhimmels löst sich auf.“ (S.49) Die Sterne sind sehr weit weg und verstreut in einem unvorstellbaren Raum. „Wir haben einen tiefen Blick in den Himmel getan, und die Aussicht mag manchen erschrecken. ... Aber es gibt kein Zurück von dieser Erkenntnis. Wie ein jedes Kind das Elternhaus einmal verlassen und in die offene Welt der vielen Häuser und Städte eintreten muss, so ist die Menschheit mit Kopernikus und Bessel aus ihrem Heimathimmel herausgetreten“ (S.50)

²³⁹ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.336

²⁴⁰ Martin Wagenschein: Der Mond und seine Bewegung; S. 42-57

4.1.3. Didaktische Interpretation von „Die Erde unter den Sternen“

Genetisch

Genetisch kommt von Wachsen, Entstehen. Ein genetischer Lehrgang ist so angelegt, dass die Schüler und Schülerinnen das Entstehen des Wissens erleben. „Verstehen heisst: Selber einsehen, wie es kommt“²⁴¹, wie Wagenschein schreibt. Das Büchlein »Die Erde unter den Sternen« ist ein Musterbeispiel dafür. Sorgfältig beschreibt Wagenschein zuerst die elementaren Beobachtungen und entwickelt daraus ein einfaches Bild mit der drehenden Himmelskuppel über dem Erdball. Dann formuliert er die Zweifel an diesem - griechischen - Weltbild, beschreibt das neue, heliozentrische Weltbild von Kopernikus, entkräftet die naheliegenden Einwände gegen die Vorstellung einer bewegten Erde (das ewigwährende Drehen, der Wind, der entstehen sollte, und der Apfel, der in den Nachbargarten fallen sollte) und beschreibt schliesslich den Beweis für die neue Vorstellung: den Fallversuch von Benzenberg. Ganz anders also als viele Astronomiekurse, die schon zu Beginn von den fernen Galaxien und explodierenden Sternen sprechen, oder, auch weit verbreitet, die zuerst die komplizierten astronomischen Koordinatensysteme darstellen, wo Winkel nicht nur in Grad, sondern in Stunden gemessen werden. Erstaunt es, wenn Schüler und Schülerinnen das für Klausuren Gelernte nicht mit unserer Welt in Verbindung bringen, wenn, wie Wagenschein immer wieder nachweist, gerade in der Himmelskunde so erschreckend viel Scheinwissen vorzufinden ist?

Drei Aspekte des Genetischen sollen an der Himmelskunde untersucht werden:

1. Originäre Forscher:

Wagenschein betont immer wieder, wie wichtig es ist, insbesondere für Physiklehrer, die originären Forscher in ihren Quellen zu lesen. In solchen Texten können wir sehen, wie das Wissen entstanden ist. Kommen die originären Forscher in Wagenscheins Himmelskunde zu Wort?

- In »Die Erde unter den Sternen« findet man Zitate von Kopernikus (S.42, S.45) und Kepler (S.42). Erstaunlich wenig, verglichen mit späteren Texten, z.B. »Die Erfahrung des Erdballs«: Aristoteles (S.313, 314, 315, 318, immer in der Übersetzung von Kepler), Euler (S.317, 321), Kepler (S.318, 323, 325, 326, 334) Kopernikus (325, 334) Tycho Brahe (326), Bessel (336).

- Viele originäre Beobachtungen und Messungen werden in Wagenscheins Himmelskundetexten ausführlich beschrieben:

(a) in »Die Erde unter den Sternen«: die Entfernung des Mondes durch Lacaille und Lalande (S.54), die Entfernung der Sonne nach Aristarch (S.54-56);

(b) in andern Texten: die Fallversuche von Benzenberg und andern, die Entdeckung der Parallaxe durch Bessel (Die Erfahrung des Erdballs), die Entdeckung des Gravitationsgesetzes durch Newton (Der Mond und seine Bewegung).

In diesem Sinne vermittelt Wagenschein ein sehr authentisches Bild der Entwicklung der Himmelskunde. Erstaunlicherweise kommt Galilei mit seinen Entdeckungen nicht vor.

2. Einwurzelung:

I. Es geht einmal darum, Sonne, Mond und Sterne bewusst zu machen, immer wieder an den Himmel zu schauen und die Himmelskörper wahrzunehmen. Kann man den Mond am Tag sehen? Diese Frage müsste doch jeder überzeugt mit: „Ja, eigentlich habe ich das schon gesehen“ beantworten können. Und erst wenn man

²⁴¹ Martin Wagenschein: Verstehen lehren; S.120

das eine oder andere Sternbild (den grossen Bären, die Cassiopeja) kennt und immer wieder findet, kann sich das Gefühl der Geborgenheit unter dem Himmelszelt einstellen.

II. Die von uns nicht wahrnehmbaren Erkenntnisse der Kugelgestalt der Erde, der täglichen Drehung und der Bewegung der Erde um die Sonne werden so sorgfältig aufgebaut, dass diese Erkenntnisse in uns einwurzeln, sofern wir nur Wagenscheins Rat ernst nehmen: "Auch wird niemand hoffen können, durch das blosses Lesen etwas Wirkliches zu erfahren. Immer wird er dabei oder danach den Himmel selber anschauen, um dort mit eigenen Augen nachzuprüfen, wo es möglich ist und um dann erst im eigenen Urteil das Gelesene selber mit- und nach-zu-denken."²⁴²

3. Wenn genetisch mit „werden“ übersetzt wird, dann geht es auch um das „Werden“ des Menschen. Was trägt die Himmelskunde zur Entwicklung des jungen Menschen bei? Welche Lebenskräfte werden geweckt? Der Begriff „Lebenskräfte“ ist unscharf. Es geht um eine philosophische Dimension. Wagenschein schreibt: „Kein von seinem Fach benommener Lehrer, kein philosophisch nicht angerührter Lehrer ist imstande, Physik allgemeinbildend zu unterrichten.“²⁴³ Bei der Himmelskunde geht es um das Nachdenken über unsere Stellung in der Welt. Wir wissen, dass schon die Griechen die gleichen Sternbilder gesehen haben wie wir. Jede Nacht ist wieder der grosse Bär zu sehen, und wenn im Frühling der Orion vom Nachthimmel verschwindet, so wissen wir, dass er im Herbst wiederkommen wird. Das gibt uns ein Gefühl der Sicherheit, der Verlässlichkeit.

Willmann verwendet drei Bilder für das Genetische:

- in der Sprache den Baum mit Stamm und Ästen,
- in der Geschichte den Fluss mit seinen Zuflüssen,
- in der Mathematik das Samenkorn, das zur Pflanze heranwächst.

Ich denke, dass auf die Himmelskunde am besten das Bild mit dem Fluss passt. Wir sitzen am Ufer und schauen zu, und regelmässig zieht das Wasser an uns vorbei. Und wenn wir morgen wiederkommen, dann wird der Fluss genauso an uns vorbeiziehen. Manchmal führt er etwas mehr Wasser, manchmal weniger, so wie wir auch im Sommer und im Winter verschiedene Sternbilder sehen. Aber wir wissen, der Fluss war schon da, als wir noch nicht geboren waren, und er wird auch weiterfliessen, wenn wir sterben, genauso wie die Sterne auch. Und wenn wir dann dem Fluss folgen, wenn wir sehen, wie er durch die Zuflüsse grösser wird, dann entspricht das dem Gang durch die Geschichte der Astronomie: Neue Beobachtungen und neue Instrumente haben uns ermöglicht, mehr zu wissen. Aber genauso wie der mächtige Fluss nicht da wäre ohne das Bächlein an der Quelle, so sind neue Erkenntnisse nicht zu verstehen ohne die elementaren Grundlagen, auf denen sie aufbauen.

Exemplarisch

In seinem Text „Das exemplarische Lehren als ein Weg zur Erneuerung des Unterrichts an den Gymnasien“ nennt Wagenschein 8 Funktionsziele des Physikunterrichts.²⁴⁴ Er meint damit „fundamentale Erfahrungen bzw. Einsichten des

²⁴² Martin Wagenschein: Die Erde unter den Sternen; S.6

²⁴³ Martin Wagenschein: Verstehen lehren; S.40

²⁴⁴ Martin Wagenschein: Naturphänomene sehen und verstehen; S.183ff

physikalischen Unterrichts“.²⁴⁵ Exemplarisches Unterrichten heisst nicht Willkür in der Wahl der Stoffe, sondern das Beschränken auf Stoffe, an denen allgemeine Einsichten und Fähigkeiten vermittelt werden können. Ich werde nun Wagenscheins Himmelskunde an diesen Funktionszielen messen:

1.Funktionsziel: Erfahren, was in der exakten Naturwissenschaft heisst: verstehen, erklären, die Ursache finden

Seit Kopernikus und Galilei glauben wir, dass die Erde rund ist und sich bewegt. Aber haben wir das verstanden? Es sind dies klassische Themen, um zu zeigen, dass es oft Scheinwissen ist, dass wir ziemlich ratlos sind, wenn wir erklären müssen, warum wir das glauben. Mit Wagenscheins Lehrgang werden diese Inhalte verstehbar gemacht:

1. Die runde Erde ergibt sich aus der Beobachtung der Mondfinsternis. Diese ist leider nicht jederzeit verfügbar, aber es gibt sie gelegentlich wieder, und dann sollte man sie nicht verpassen. Langsam schiebt sich der kreisförmige Schatten der Erde auf den Vollmond, nimmt ihm seine leuchtend gelbe Farbe und lässt nur eine dunkelrote Scheibe zurück. Und dann beginnt der Mond am andern Rand wieder zu leuchten, bis er schliesslich seine ganze Helligkeit wieder gewonnen hat. Das geduldige Hinschauen, das Phänomen auf sich wirken lassen - in unserer hektischen Zeit ist das leider schwierig geworden.

2. Die Erddrehung lässt sich weniger leicht sehen. Wagenschein stellt sie als Möglichkeit in den Raum: Wenn sich nicht die Himmelskuppel drehte, sondern die Erde, dann könnten wir besser verstehen, warum alle Himmelskörper miteinander laufen. Dann diskutiert Wagenschein die Einwände: warum es keinen Wind gibt, warum die Drehung der Erde niemals aufhört, und warum die Äpfel nicht in den Garten des Nachbarn fallen. Dieses sorgfältige Eingehen auf die Einwände ist besonders wichtig. Wenn man nicht einsieht, wie diese naheliegenden Einwände ausgeräumt werden, dann werden sie dem Verstehen immer im Weg stehen. Und dann erst bringt Wagenschein den entscheidenden Beweis für die Erddrehung: Die berühmten Fallversuche. Sie können zwar in der Schule nicht durchgeführt werden, aber eine authentische Schilderung mit Originaldaten lässt uns diesen Beweis für die Erddrehung lebendig werden. Dass Wagenschein die Fallversuche dem physikalisch weniger leicht verständlichen Foucault-Pendel vorzieht, finde ich gut. Ich finde es aber schade, dass er das berühmte Pendel ganz ausser Acht lässt. Wer mit eigenen Augen das ruhige Schwingen des langen Pendels und das langsame Drehen seiner Schwingungsrichtung im grossen Raum des Pantheons in Paris gesehen hat, der wird nie mehr zweifeln an der Drehung der Erde.

2.Funktionsziel: Erfahren, wie man ein messendes Experiment ausdenkt, ausführt, auswertet und wie man aus dem Experiment die mathematische Funktion gewinnt

Ich erwähne hier nochmals den Fallversuch: Newton hat sich als erster dieses Experiment ausgedacht. Die Durchführung des Versuchs ist aber nicht einfach, und so dauerte es über hundert Jahre, bis Guglielmini ein erstes noch fragwürdiges Resultat erhielt. Erst Benzenberg gelangen dann die überzeugenden Messungen. Die Auswertung kann anhand des Bildes mit den Aufschlagorten²⁴⁶ diskutiert werden: Warum ergibt sich diese Streuung? Und wie kann man daraus ein Resultat gewinnen? Wie zuverlässig ist dieses Resultat?

²⁴⁵ Wolfgang Klafki: Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung; S. 338

²⁴⁶ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.331

3.Funktionsziel: Erfahren, wie ein ganzes Teilgebiet der Physik sich mit einem andern in Beziehung setzen lässt und gleichsam darin auflösen lässt.

Newton überlegte sich, dass ein Stein, der mit immer grösserer Geschwindigkeit von einem hohen Berg waagrecht weggeworfen wird, schliesslich die Erde umkreisen muss. „So wird es glaubhaft, dass auch der Mond, da er kreist, ein von Urkräften und zu Urzeiten geworfener und um die Erde herum fallender Körper sei!“²⁴⁷ Wenn der Mond mit dem Stein verglichen wird, müsste die Schwerkraft bis zum Mond hinaus reichen. Wagenschein prüft nun, wie weit der Mond, der in jeder Sekunde rund 1 km durch den Weltraum fliegt, wie weit dieser Mond in jeder Sekunde fallen müsste, um eine Kreisbahn zu beschreiben. Das Resultat einer geometrischen Überlegung ergibt: 1,3 mm. Wagenschein vergleicht dieses Resultat mit der Strecke, die ein Stein auf der Erde in einer Sekunde fällt, nämlich rund 5 m und findet damit: der Mond ist 60 mal weiter vom Erdmittelpunkt entfernt als der Stein. Er fällt $60 \times 60 = 3600$ mal weniger weit, also nimmt die Schwerkraft mit dem Quadrat der Entfernung ab. Er hat damit das Gravitationsgesetz auf den Spuren Newtons hergeleitet aus dem Werfen eines Steins.

Klafki schreibt dazu: „Das eindrucksvollste Beispiel der exemplarisch-elementaren Anschauung einer grossen naturwissenschaftlichen Erkenntnis, das Wagenschein gibt, ist Newtons Idee, »der Mond sei in seiner Kreisbewegung verstehbar als eine um die Erdkugel herumfallende schwere Kugel«“²⁴⁸

4.Funktionsziel: Erfahren, was in der Physik ein „Modell“ ist

1. Mit Modell meint Wagenschein die Denkmodelle: die Elektronen, die nur ein Bild sind und nicht Realität, oder die Lichtstrahlen, die unserem Denken entspringen und in dieser Form in der Realität nicht vorkommen. Gibt es so etwas auch in der Himmelskunde?

Ein Beispiel ist die Vorstellung von der Schwerkraft: Wie schnell sagen wir: Alle Körper werden vom Erdmittelpunkt angezogen. „Warum ist der Mittelpunkt der Erde so lockend?“²⁴⁹ Welche Modellvorstellung haben wir von der Schwerkraft?

Wagenschein erzählt seinen Schülern, dass ein Pendel im Tibet etwas langsamer schwingt als bei uns. Das bestärkt die Vorstellung, dass die anziehende Kraft im Zentrum steckt; Tibet ist etwas weiter weg, so dass die Anziehung geringer ist. Wagenschein erzählt seinen Schülern nun, dass ein ruhendes Pendel in der Nähe eines Berges nicht ganz lotrecht hängt. „Verwunderung, Nachdenken, Nein, das muss nicht bedeuten, dass der Berg selber zieht, sondern das kann auch daher kommen, dass der Berg die aus dem Zentrum quellende Kraft besser »leitet«.“²⁵⁰ Wie steht es in einem tiefen Bergwerkschacht? Dort schwingt das Pendel wieder langsamer. Die Anziehung ist also auf der Erdoberfläche am grössten. Dann muss die anziehende Kraft in der Erdrinde wohnen, meinen die Schüler. Doch halt, dann müsste das Pendel im Bergwerkschacht ja Kopf stehen oder directionslos werden. Es bleibt nichts anderes übrig, als dass die anziehende Kraft „nicht im Zentrum, sondern im ganzen Leib steckt (Kepler)“.

Durch das gründliche Nachdenken ist von der Schwerkraft das richtige Bild gewonnen: Jedes Stück der Erde zieht an uns.

²⁴⁷ Martin Wagenschein: Der Mond und seine Bewegung; S.51

²⁴⁸ Wolfgang Klafki: Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung, S.335

²⁴⁹ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.319

²⁵⁰ Martin Wagenschein: Will der Stein fallen oder muss er? In: M.Wagenschein: Naturphänomene sehen und verstehen; S.198

2. Der Begriff „Modell“ kann noch in einer andern Richtung verstanden werden: Es geht um die realen Modelle, die in der Himmelskunde so oft verwendet werden: Erde, Sonne und Mond werden durch Kugeln repräsentiert und mit ihnen die Bewegungen, Grössen usw. sichtbar gemacht.

Ich konzentriere mich hier auf den Globus. Er leistet an vielen Stellen gute Dienste, zum Beispiel wenn Wagenschein schreibt: „... der Mond ist viermal kleiner als die Erde. Abstürzend würde er gerade Europa zermalmen können.“²⁵¹ An dieser Stelle stolpert man: Europa - so gross? Wenn man einen Globus nimmt und für den Mond eine Kugel, deren Durchmesser 4 mal kleiner ist, sieht man, dass es stimmt. Wir haben Probleme, uns das Volumen einer Kugel, die im Durchmesser vier mal kleiner ist, richtig vorzustellen, erst das Modell zeigt uns, wie viel kleiner der Mond wirklich ist.

Ich ergänze ein zweites Beispiel zum Globus, das nicht von Wagenschein stammt: Wenn wir von Frankfurt nach New York fliegen, sehen wir zwischendurch Eisberge unter uns. Hat der Pilot den Kurs verloren? Warum fliegt er so weit nach Norden? Wenn man auf dem Globus eine Schnur spannt von Frankfurt nach New York, dann sieht man, dass die Flugroute ganz anders verläuft als die gerade Linie auf einer Weltkarte.

Wagenschein weist andererseits auch auf die Grenzen des Globus hin: Er muss immer in einer Halterung ruhen, während die Erdkugel frei im Raum schwebt, Fliegen können um den Globus herumlaufen, aber das hat nichts zu tun mit dem Problem, warum die Antipoden nicht abfallen. Diese Warnungen vor einer allzu selbstverständlichen Verwendung des Globus scheinen mir wichtig.

5.Funktionsziel: Erfahren wie schliesslich - aufbauend auf alles Vorangegangene - der physikalische Forschungsweg selber zum Gegenstand der Betrachtung wird, einer wissenschaftstheoretischen Betrachtung.

Physik ist ein Aspekt, eine Sichtweise, die vieles ausblendet, die sich auf das konzentriert, was messbar, wiederholbar, objektiv ist. Sie sagt Richtiges, aber sie sagt nicht alles. Wagenschein hat dazu einen ganz zentralen Aufsatz geschrieben: „Die beiden Monde“: Es gibt den Mond der Physiker, in den Worten eines Astronauten: „Der Mond ist eine kalte und leblose Welt ...“²⁵² Wir können seine Grösse bestimmen, seine Masse ausrechnen, wir wissen, dass er einmal pro Monat um die Erde kreist. Das stimmt, aber das ist nicht alles. Es gibt auch den Mond der Dichter, den Mond der romantischen Gefühle: auch das ist der Mond. Wagenschein betont immer wieder, dass es wichtig ist, ob den Erfolgen der Naturwissenschaften nicht zu vergessen, dass damit nur ein Aspekt der Welt erfasst wird.

In der Himmelskunde ist dieses Problem besonders akut, da deren Erkenntnisse unser Weltbild stark beeinflussen. Wir wissen zwar, dass die Fixsterne sich auch bewegen, dass sie nicht ewig fix sind. Das darf aber nicht dazu führen, dass die Geborgenheit, die uns das regelmässige Wiederkehren der Sternbilder gibt, verloren geht. Wagenschein: „So können die Ergebnisse der Astronomie niemals auslöschen, was uns gesagt wird in jener Zuwendung zum Himmel, die aus einem viel weniger eingeschränkten Einvernehmen mit ihm hervorgeht, als die physikalische Sicht es ist.“²⁵³ Der Mensch muss um diese verschiedenen Sichtweisen wissen, er darf sich nicht gespalten fühlen, wenn er astronomische Erkenntnisse studiert und daneben Gedichte liest, „in denen der Mond keineswegs als Kugel der Masse m und die Erde nicht als Ball empfunden wird. Er soll spüren: er lebt in

²⁵¹ Martin Wagenschein: Der Mond und seine Bewegung; S.49

²⁵² Martin Wagenschein: Die beiden Monde. In: M.Wagenschein: Erinnerungen für morgen; S. 154

²⁵³ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.339

solchen Gedichten nicht in einer scheinbaren, sondern in einer volleren und weniger eingeschränkten Wirklichkeit als in der messenden astronomischen Zuschauersicht.²⁵⁴

Ich denke, dass Wagenscheins Darstellung in „Die Erde unter den Sternen“, insbesondere sein behutsames Vorgehen und seine poetische Sprache, dazu beiträgt, dass die Spaltung verhindert wird. Wagenscheins Darstellung steht in deutlichem Kontrast zu den gängigen Astronomiebüchern, die von Anfang an von der scheinbaren Bewegung von Sonne und Sternen sprechen, obwohl wir diese Bewegung doch Tag für Tag erleben.

6.Funktionsziel: An einigen Begriffsbildungen erfahren, wie die physikalische Art, Natur zu lichten, geistesgeschichtlich geworden ist.

Die Himmelskunde ist ein klassisches Beispiel zur Verdeutlichung dieses Ziels. Ihre Erkenntnisse prägen unser Weltbild. Die Entdeckung des heliozentrischen Weltbildes durch Kopernikus und Galilei hat deshalb die Welt erschüttert.

Ich denke, dass Wagenscheins Darstellung hilft, die Bedeutung der Himmelskunde für unser Denken spürbar zu machen. Er führt uns zuerst den Himmel so vor, wie wir ihn erleben und beobachten. Dann meldet er Zweifel an und zwingt uns, unser Bild in Frage zu stellen. Behutsam werden nun die neuen Ansichten eingeführt und begründet, so dass das neue Weltbild in uns einwurzelt. Es geht nicht um ein Wissen, das unbeteiligt gelernt wird. Der Leser erlebt, dass die Fragen der Himmelskunde den ganzen Menschen berühren und dass sie wichtig sind in der Entwicklung der Geistesgeschichte.

7.Funktionsziel: Erfahren, wie sich das technische (das erfindende) Denken von dem entdeckenden Denken unterscheidet.

Für einen Nicht-Physiker erscheint der Unterschied zwischen Entdecken und Erfinden schwer verständlich. Wagenschein verwendet ein schönes Bild, um den Unterschied deutlich zu machen: Entdecken heisst: Ich belausche ein neues Tier, bis ich es kenne. Ich frage: Wer bist du? Erfinden heisst: Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse über die Natur des Tieres kann ich es etwas tun lassen was ich will. Ich frage: Willst du wohl?²⁵⁵

Als Beispiel für die Himmelskunde scheint mir die Drehung der Erde geeignet. Zuerst finde ich die Zweifel: Warum soll die grosse Sonne um die Erde laufen? Wie kann sie in einem Tag eine so riesige Strecke zurücklegen? Warum gehen alle Sterne gleich schnell um die Erde? Diese Fragen führen zur Entdeckung von Kopernikus: Die Erde dreht sich. Vorläufig ist es eine Hypothese, und es braucht nun die Erfindung des Fallversuchs oder des Foucault-Pendels, um die Erddrehung zu beweisen. Aber Foucault hat nicht gefragt: Wie bewegst du dich? sondern: Willst du wohl die Bewegung zugeben?

8.Funktionsziel: Erfahren, wie ohne verfrühte Mathematisierung und ohne Modellvorstellungen ein phänomenologischer (und „quantitativer“) Zusammenhang herzustellen ist, der das Grundgefüge der Physik gliedert und zusammenhält.

Ich nenne hier die Bestimmung der Entfernung des Mondes durch Lacaille und Lalande:

Der grundlegende Gedanke ist: Wenn man den Mond von zwei weit entfernten Stellen auf der Erde anvisiert, sollte man ihn unter verschiedenen Winkeln sehen und daraus seine Entfernung ermitteln können. Wagenschein veranschaulicht das

²⁵⁴ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.339/340

²⁵⁵ vgl. auch S.98

Experiment sehr schön: „Ein Streichholz, mit Knetgummi (auf den Globus U.A.) aufgesetzt, zeigt den Berliner, ein schwarzes Streichholz, knapp einen Viertelkreis davon entfernt in Kapstadt aufgesetzt, den Kapstädter. ... Jeder sieht nur einen kleinen Umkreis, den er für die Erdscheibe hält. Deshalb setze ich jedem noch einen Papierteller unter, das ist sein Horizont. Beide sehen nun den Mond ...“²⁵⁶ Er gibt dann die Daten für die Messung von 1752 und lässt die Situation auf einem Papier aufzeichnen. „Ein Kreis von 10 cm Durchmesser sei die Erde.“ Dann wird der Berliner und der Kapstädter mit ihren Blickrichtungen zum Mond aufgezeichnet „Die Blickrichtungen laufen nicht ganz parallel, sie zielen auf den fernen Mond. Wir verlängern sie mit dem Lineal, bis wir ihn haben. Er liegt weit draussen. Das Papier muss über drei Meter lang sein.“²⁵⁷ Erst zuletzt kommt - vielleicht - noch die Trigonometrie, um eine grössere Genauigkeit zu erreichen.

Spannend, bei Wagenschein aber nicht enthalten, scheint mir, dass Aristarch mit einer ganz anderen Methode (des Vergleichs von Erdschattengrösse und Mondgrösse) zum gleichen Ergebnis kommt. Hier sehe ich einen Zusammenhang im Grundgefüge der Himmelskunde.

Die Funktionsziele beschreiben allgemeine Einsichten, die am Beispiel der Himmelskunde gewonnen werden. Exemplarisch heisst aber auch: Ein inhaltlich bedeutsames Thema wird anhand eines oder einiger prägnanter Beispiele in seiner Bedeutsamkeit zugänglich. Die Astronomie ist die älteste Naturwissenschaft. Schon immer beschäftigten sich die Menschen mit den Erscheinungen am Himmel, einerseits aus praktischen Gründen (Kalender, Tageseinteilung), andererseits aber auch aus religiösen Gründen. Später kam dann die naturwissenschaftliche Beschäftigung mit dem Himmel dazu, die aber immer auch das Weltbild des Menschen stark geprägt hat. Die Himmelskunde ist also zweifelsfrei ein bedeutsames Thema für den Unterricht.

²⁵⁶ Martin Wagenschein: Die Erde unter den Sternen; S.53

²⁵⁷ Martin Wagenschein: Die Erde unter den Sternen; S.54, auch zitiert in der Zusammenfassung auf S. 128 dieser Arbeit

4.1.4. Texte von Hans Christoph Berg

Mit Orion und Adler um die Erde²⁵⁸

Die zwei Sternbilder Orion und Adler liegen auf dem Himmelsäquator und also senkrecht über dem Erdäquator. Da sie einander fast gegenüberstehen, geht der Adler im Westen unter, wenn der Orion im Osten aufgeht. In vielen Nächten kann man beide Sternbilder am Himmel sehen, allerdings nicht gleichzeitig, sondern nur im Lauf der Nacht. Nur wenn die Sonne im Widder, Stier oder Zwilling steht, also von Mai bis Juli, wird Orion von ihr überblendet, dann sehen wir nur den Adler, und umgekehrt überblendet die Sonne den Adler, wenn sie Anfang Januar im Schützen steht.

Die Höhe des Polarsterns gibt an, auf welchem Breitengrad wir uns befinden. Am Nordkap steht der Polarstern steil über uns, unter einem Winkel von 70 Grad, gut 3000 km südlich, in Sizilien, steht er schräg unter einem Winkel von 35 Grad. Mit 12 Europasprüngen könnte man die Erde umrunden: Ein Nordkap-Siziliensprung nach Süden bringt uns zum Äquator, mit zwei weiteren Sprüngen sind wir in Südafrika, usw.

Die Rundung der Erde zeigen uns die Sterne: Wenn Orion von Deutschland aus schräg im Süden steht, ist er senkrecht über Kongo, und in Südafrika sehen wir ihn schräg im Norden. Gleichzeitig geht er für einen mongolischen Betrachter schräg im Westen unter und für einen Indianer an den nordamerikanischen Lakes geht er schräg im Osten auf.

Wenn wir umgekehrt vom Orion auf die Erde blicken, sehen wir den Kongo senkrecht unter uns, schräg im Norden liegt Deutschland, ganz am Rand glitzert das Eis der Arktis, in der Gegenrichtung sehen wir schräg nach Süden Südafrika und schliesslich das Eis der Antarktis. Und wenn wir unseren Blick auf dem Äquator nach Osten schweifen lassen, können wir auf der Erdkugel bis Sumatra blicken, im Westen können wir dem Amazonas entlang bis Ecuador sehen.

Die halbe Erdkugel kann man vom Orion aus also sehen. Und alle Menschen auf dieser Halbkugel, von Sumatra bis Ecuador, vom Nordkap bis Südafrika, sehen den Orion. Gleichzeitig könnte man vom Adler aus die andere Seite der Erde sehen: den riesigen pazifischen Ozean.

„Wenn wir uns zu zweit verabreden, der eine darf sich in der Himmelssänfte (Orion²⁵⁹) um die Erde tragen lassen, der andere darf mit dem Adler herumfliegen, dann können wir zusammen fast die ganze Erde überblicken und können einander an der schwebenden Erdkugel vorbei in die Augen sehen²⁶⁰: Wir treffen uns nie, aber wir sehen uns immer. Du fliegst über den Kongo und ich über Hawaii und Fidschi, sechs Stunden später hast Du den Amazonas überflogen, stehst über den Kordilleren in Ecuador, rechts Nordamerika, links Südamerika, und blickst auf den Pazifik, während ich, die Mongolei im Norden und Australien im Süden, über Sumatra fliege, vor mir Ceylon, und sechs Stunden später stehe ich über dem Kongo, blicke nördlich nach Europa und südlich zum Kap und kann Dir erzählen, was in den zwölf Stunden seit Deinem Überflug hier geschehen ist.“

²⁵⁸ publiziert in: Marburger Lehrkunst-Briefe, Herbst 94, S.41-43

²⁵⁹ Während die Griechen im Sternbild des Orion eine Jäger sahen, bezeichneten ihn die Chinesen als Himmelssänfte

²⁶⁰ Weil Adler und Orion sich auf dem Himmelsäquator nicht ganz exakt gegenüberstehen

Diesterwegs Himmelskunde²⁶¹

1. Warum? Kopfschrott ade!

Die Bewegungen von Sonne, Mond und Sternen können erklärt werden, indem sich die Erde täglich um ihre Achse dreht und in einem Jahr um die Sonne kreist. Seit Kopernikus wissen wir das, es ist die Grundlage unseres Weltbildes, aber bei vielen Menschen hängt dieses Wissen in der Luft, es kann nicht verbunden werden mit dem, was wir sehen: dem Auf- und Untergehen der Sonne, den ständig wechselnden Phasen des Mondes, und viele Menschen haben noch nie mit eigenen Augen gesehen, dass sich auch die Sterne bewegen.

2. Was? Erkenntnisdrama in sechs Akten

1.Akt: Am Anfang steht das Himmelsgewölbe über der Scheibenerde. Die Sonne geht im Osten auf, erreicht im Süden ihren höchsten Punkt und geht im Westen unter. Auch der Mond und die Sternbilder bewegen sich auf diesem Himmelsweg.

2.Akt: Die Erde wird durch das Umkreisen von Sonne, Mond und Sternen zur Kugelerde. Der tägliche Rundgang der Sonne wird zur Uhr, der monatliche Wechsel der Mondphasen und der jährliche Lauf der Sonne durch den Tierkreis wird zum Kalender.

3.Akt: Eratosthenes vermass die Erde, Aristarch fand den Ansatzpunkt zur Bestimmung der Grösse und des Abstandes von Sonne und Mond. Die Himmlischen werden dadurch zu Körpern, die sich mit irdischen Mitteln begreifen und vermessen lassen.

4.Akt: Unter den Sternen sehen wir fünf mit seltsam unregelmässigem Gang. Vielleicht umrunden sie nicht uns - und gehen dabei so merkwürdig mal vorwärts, mal rückwärts -, sondern die riesige Sonne. Und wie sie auch wir. So wird die Erde zum Planeten.

5.Akt: Kant interpretierte die Milchstrasse als Sternsystem. Herschel kam durch sorgfältige Beobachtungen zu gleichen Vorstellungen über den Bau der Milchstrasse. Und Hubble gelang zu Beginn unseres Jahrhunderts der Nachweis fremder Galaxien. Der Weltraum erhielt dadurch eine unvorstellbare Grösse.

6.Akt: Einstein stellte in der Relativitätstheorie unsere Vorstellung von Raum und Zeit in Frage und gab damit dem Universum eine vierdimensionale Struktur. Hubble beobachtete, dass sich das Weltall ausdehnt und damit nicht etwas Statisches, ewig Gleichbleibendes ist, sondern dass das Universum eine Entwicklung durchläuft.

3. Wie? - Auch im Hinblick auf Diesterweg

Im Zentrum dieses Kapitels steht die Himmelskunde von Diesterweg. Seine „Populäre Himmelskunde und astronomische Geographie“ führt uns in die Himmelskunde ein und zeigt zugleich Diesterwegs Didaktik. Er schreibt: „Wer meine Unterrichtsweise kennenlernen will, findet sie am reinsten in diesem Buche“²⁶²: Am Anfang steht die sinnliche Erfahrung, hier die Beobachtung von Sonne, Mond und Sternen. Im zweiten Schritt folgt das Nachdenken über den gesetzmässigen Verlauf der Erscheinungen. Diesterweg erreicht dieses Ziel über den Zweifel: Sind die Erscheinungen wirklich so, wie sich uns zeigen? Und dann geht es an das Nachdenken dessen, was Kopernikus vorgedacht hat. Der dritte Schritt in Diesterwegs Methode ist das Aufspüren der Ursachen, die hinter den

²⁶¹ in: Hans Christoph Berg: Suchlinien; .69-80

²⁶² a.a.O., S.74

Gesetzen verborgen sind. Es ist das, was Newton geleistet hat, indem er das Gravitationsgesetz als Ursache der Bewegung der Himmelskörper fand.

4. Eine Lehrkunstminiatur zur Himmelskunde als Geburtstagsgeschenk für Diesterweg

In diesem Kapitel beschreibt Berg die Himmelsuhr, die auch im Lehrstück (im Akt: „Der Mond“) integriert ist.

1. Der erste Zeiger unserer Uhr soll der Sonne folgen. Er muss also in 24 Stunden einmal herumlaufen. Und wenn die Sonne im Süden steht, soll unsere Uhr 12 Uhr anzeigen. Auf diese Weise ist die Uhr auch zum Kompass geworden: Wird der Zeiger zu einer beliebigen Tageszeit auf die Sonne gerichtet, so finden wir Süden in Richtung 12 Uhr.

2. Wir brauchen zwei weitere Zeiger: Einer, der der Bewegung des Mondes folgt, und einen zweiten, der der Bewegung der Sterne folgt. „Täglich gewinnt der Sonnenzeiger vor dem Mondzeiger eine knappe Stunde Vorsprung und über- rundet ihn einmal binnen einem Monat. ... Der Sternzeiger gewinnt täglich vor dem Sonnenzeiger vier Minuten, ... und binnen einem Jahr überrundet der Sternzeiger den Sonnenzeiger. ... Die Uhr wurde zum Kalender.“²⁶³

3. Damit wir unsere Uhr auf Reisen benutzen können, muss sie nicht nur flachrund, sondern wie unsere Erde kugelrund werden, denn wir müssen unseren Horizont umstellen können: Die Mittagssonne in Deutschland ist Morgensonne in Amerika, und sie steht in Deutschland flacher am Himmel als in Italien, ich muss also den Horizont gegenüber der Polarachse kippen können, damit die Uhr die Bewegungen am Himmel richtig wiedergibt. Die Uhr wird damit zum Erd- und Himmels- globus.

²⁶³ a.a.O., S.79

4.2. Konzept und Unterricht

4.2.1. Konzept

„Die Wahrheit über die Sterne und ihre Bewegung liegt nicht offen zutage. Sie ist wie verschlossen hinter vielen Türen. Wenn wir sie von Grund aus und auf natürliche Art einsehen wollen, müssen wir diese Türen eine nach der andern öffnen“²⁶⁴

4.2.1.1. Der Turm der Astronomie

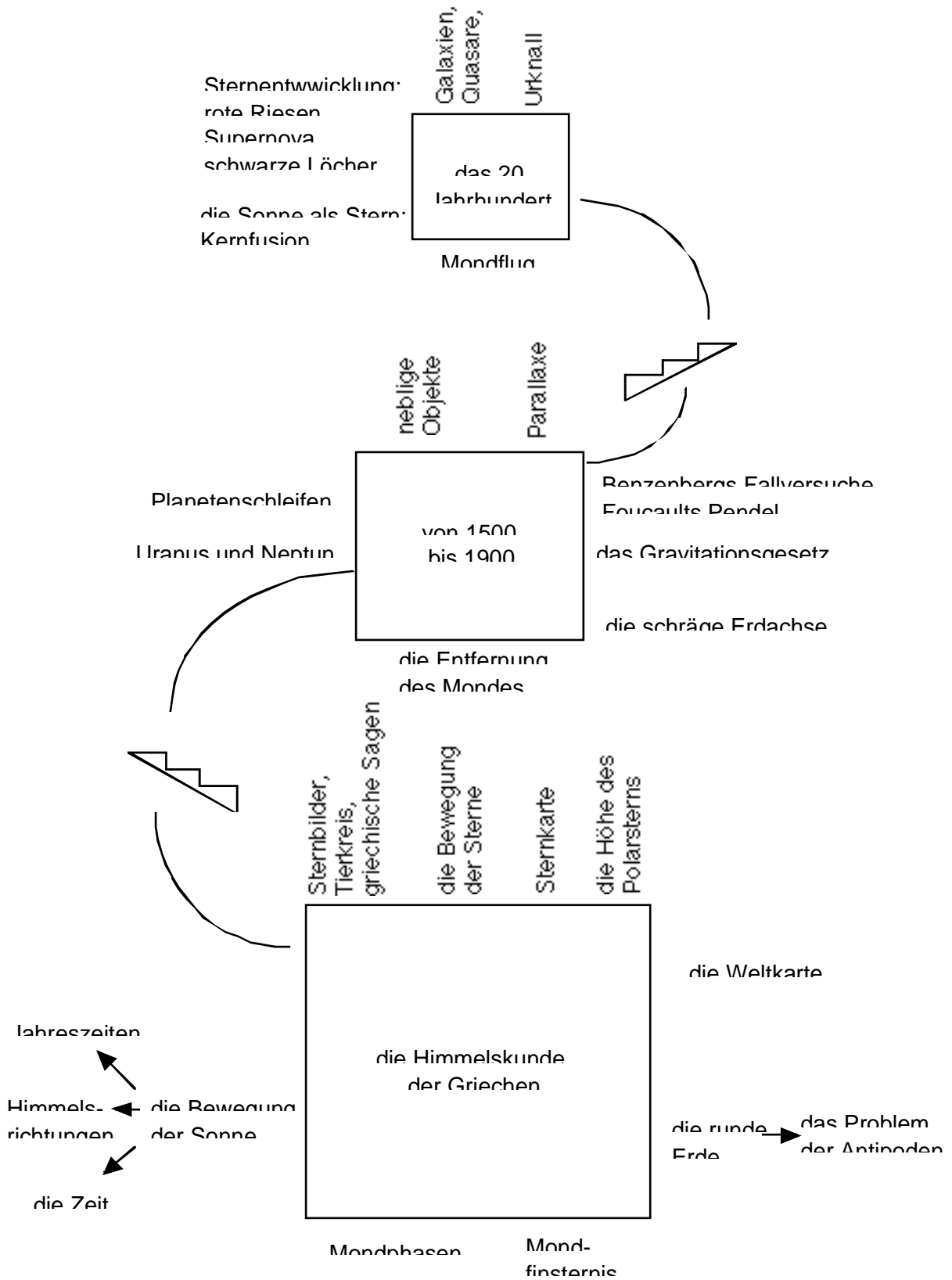
In der nachfolgenden Zeichnung (S.142) stelle ich die Entwicklung der Astronomie als dreistöckigen Turm dar. In den einzelnen Stockwerken kann man nach vier Seiten hinausschauen: Nach rechts auf die Erde, nach unten auf den Mond, nach links auf die Sonne und nach oben auf die Sterne.

Das unterste Stockwerk stellt die Astronomie der Griechen dar. Sie wussten bereits, dass die Erde eine Kugel ist. Von der Weltkarte kannten sie allerdings nur einen Ausschnitt, vor allem den Mittelmeerraum und Vorderasien. Mond und Sonne kannten sie gut: Sie waren in der Lage, Finsternisse vorauszusagen, und Aristarch schätzte auch die Entfernung der beiden Himmelskörper ab. Sie kannten die Sternbilder, denen sie die Sagen ihrer Götter zuschrieben, und sie wussten, dass die Sternbilder um den Polarstern kreisen und dass sich Sonne, Mond und fünf Planeten durch den Tierkreis bewegen. Ein grosses Problem stellten die merkwürdigen Schleifenbahnen der Planeten dar.

Im mittleren Stockwerk tritt als erster Kopernikus auf, der das heliozentrische Weltbild postulierte. Mit diesem Weltbild konnten die Schleifenbahnen der Planeten einfach erklärt werden. Mit Galilei beginnt die Zeit der Fernrohrbeobachtungen. Die weiteren Fortschritte sind eng verknüpft mit der Verbesserung der Teleskope: Neue Planeten werden entdeckt und neblige Objekte studiert. Newton entdeckt das Gravitationsgesetz und ermöglicht damit die Berechnung der Bahnen von Planeten und Kometen. Benzenberg und Foucault beweisen die Drehung der Erde um die Sonne, Bessel die Bewegung der Erde um die Sonne. Die Entfernung von Mond und Sonne werden genau bestimmt.

Im obersten Stockwerk finden wir die astronomischen Entdeckungen unseres Jahrhunderts: Hubble entdeckt, dass der Andromedanebel eine Galaxie ist. Er untersucht weitere Galaxien und entwickelt aus ihrer Bewegung das Urknallmodell. Die Entdeckungen der Kernphysik erlauben die Beschreibung der Prozesse in der Entwicklung des Universums (Wie entstehen die Elementarteilchen? Wie entstehen die chemischen Elemente?) und sie zeigen, dass die Energie von Sonne und Sternen aus der Kernfusion stammt. Es werden Modelle für die Entwicklungsstadien eines Sterns berechnet (roter Riese, Supernova) und fremdartige Objekte entdeckt (schwarze Löcher, Quasare). Die Entwicklung der Radioastronomie und der Raumfahrt schafft neue Beobachtungsmöglichkeiten. Während unser Wissen über die Vergangenheit mit der Hypothese des Urknall heute einigermaßen gesichert erscheint, ist die Zukunft ungeklärt: Wird sich das Universum immer weiter ausdehnen? Oder wird die Expansion einmal gestoppt, und das Universum fällt dann wieder in sich zusammen?

²⁶⁴ Martin Wagenschein: Die Erde unter den Sternen, S.6



Drei Zimmer in einem Turm, jedes mit mehreren Fenstern. Man braucht nicht alle Fenster zu öffnen, um in das nächste Stockwerk gehen zu können, aber man kann nicht einfach direkt zum dritten Stock durchmarschieren. Jedes Zimmer eröffnet seine eigene Sichtweise der Welt. Es ist schwierig, eine gewohnte Sichtweise, ein vertrautes Zimmer aufzugeben. Deshalb war mit dem Fortschritt zur nächsten Ebene immer eine wissenschaftliche Revolution verbunden. Es ist meines Erachtens ein didaktisch verhängnisvoller Fehler, mit dem Astronomieunterricht auf der dritten Stufe anfangen zu wollen. Man ist zu hoch, hat den Kontakt zum Boden verloren, es fehlt die Einwurzelung. Die elementaren Fundamente der eigenen Beobachtungen - der einfachen Beobachtungen mit dem unbewaffneten Auge - fehlen, und das führt dann zu einem Wissen, das nur angelernt ist, Scheinwissen, wie Wagenschein eindrücklich beweist.

4.2.1.2. Das Konzept des Himmelskunde-Lehrstücks

Ziel des Lehrstücks ist, die Bewegung von Sonne, Mond und Sternen am Himmel zu verstehen: nicht aus einer Zeichnung im Lehrbuch, sondern durch eigene Beobachtungen und durch eigenes Nachdenken: Weltanschauung braucht auch Welt-Anschauung. "Elementare Himmelskunde" heisst: ohne Vorwissen, aus eigener Beobachtung einige Türen zu öffnen. Es ist nicht möglich, alle Türen zu öffnen, um von den Anfängen bis zu den heutigen Kenntnissen vorzudringen. Wir begnügen uns im Himmelskunde-Lehrstück, die Astronomie so zu lehren, wie wir sie beobachten und wie sie auch die Griechen beschrieben: Die Erde im Zentrum mit der darum herumkreisenden Himmelssphäre.

Kann man sich das heute noch leisten: Ein einwöchiger Astronomiekurs, der nicht über die veraltete griechische Geozentrik hinausgeht? Kein Kopernikus, keine Keplerschen Gesetze, kein Gravitationsgesetz und nichts über schwarze Löcher und Supernovas?

1. Wenn Astronomie im Sinne Wagenscheins genetisch unterrichtet werden soll, dann darf die Stufe des Betrachtens des Himmels mit eigenen Augen nicht übersprungen werden. Gerade in der Astronomie wird viel zu schnell Fachwissen aufgetürmt, ohne ein Fundament aufgebaut zu haben. Als Beispiel ein neueres Astronomie-Lehrbuch: »Astronomie Grundkurs²⁶⁵«: Schon im ersten Kapitel: »Einführung in die Astronomie« ist von Galaxien und Quasaren die Rede und die Bilder (z.B. Astronaut, modernes Fernrohr) lassen völlig vergessen, dass grundlegende Erkenntnisse durch Beobachtungen mit blossem Auge entstanden. Das Buch beginnt also im dritten Stock meines Turmes.

Wagenschein hat nachgewiesen, wie ratlos Studenten vor elementaren Fragen stehen. Die Frage: „Wo endet der Anziehungsbereich der Erde?“ konnten nur 3 von 14 Studenten richtig beantworten²⁶⁶, und die Meinung, die Mondphasen entstünden durch den Schatten der Erde, ist weit verbreitet.²⁶⁷

²⁶⁵ Friedrich Gondolatsch / Siegfried Steinacker / Otto Zimmermann: Astronomie Grundkurs; Klett, 1994

²⁶⁶ Martin Wagenschein: Naturphänomene sehen und verstehen; S.270-271

²⁶⁷ „Wie kommt es, dass die Gestalt des Mondes vom Vollmond zum Halbmond, zur Sichel und zum Neumond wechselt? Etwa achtzig Prozent der Befragten wussten keine richtige Antwort, einerlei aus welcher sozialen Schicht sie kamen“ Rudolf Kühn: Astronomie populär, dtv 189, S.7 (zitiert in M.Wagenschein: Verstehen lehren; S.62)

Viele Schüler und Schülerinnen denken, Astronomie könne nur mit dem Fernrohr betrieben werden. Gewiss hat die Astronomie seit der Einführung des Fernrohrs durch Galilei grosse Fortschritte erzielt, und jede technische Verbesserung der Fernrohre brachte auch neue Erkenntnisse. Aber die Griechen leisteten in der Astronomie schon sehr viel aus der sorgfältigen Beobachtung mit dem unbewaffneten Auge. Darum geht es im Lehrstück „Elementare Himmelskunde“.

2. Darf man heute noch ein geozentrisches Weltbild unterrichten, das ja seit Kopernikus überholt ist? Ich denke ja, denn wir sehen und erleben die Welt geozentrisch, und es scheint mir wichtig, das, was wir sehen, ernst zu nehmen und gründlich zu durchdenken, damit das Umdenken, die kopernikanische Revolution, auch wirklich verstanden werden kann. Erst wenn beides geleistet ist, das Verstehen des Geschauten und das Umdenken auf das neue Weltbild, kann die Leistung der Griechen *und* diejenige von Kopernikus, Galilei und Kepler im richtigen Licht erscheinen. Ein Unterricht, der sich auf das Vermitteln der heutigen Kenntnisse beschränkt, lässt die Griechen mit den Kristallsphären lächerlich und die kopernikanische Revolution als selbstverständlich erscheinen.

4.2.1.3. Zusammenfassung des Himmelskunde-Lehrstücks

Um das Modell „Die Erde im Zentrum der Himmelskugel“ zu verstehen, braucht es dreierlei: Erstens muss man die Erde (den Globus) kennen, zweitens muss man den Himmel (die Sternbilder) kennen und drittens muss man die Zeit (aus der Bewegung der Sonne) kennen. Dazu kommt die Bewegung des Mondes. Diese Komponenten werden im Folgenden beschrieben.

1. Die Erde

Wir beginnen diesen Teil mit der Erdkarte. Wo findet man welche Länder? Wie gestalte ich diese Sequenz, damit die Weltkarte lebendig wird? Unser Vorschlag ist, Bücher zu suchen, die die Welt widerspiegeln. Bei Erwachsenen werden das Texte aus der Weltliteratur sein, bei den Seminaristen und Seminaristinnen waren es Jugendromane, die in den verschiedenen Ländern spielten, die Volksschüler und -schülerinnen wählten Sachbücher zu den verschiedenen Ländern. Wichtig ist: Die Bücher werden von den Schülern und Schülerinnen selber ausgewählt und vorgestellt. Es geht darum, an möglichst vielen Stellen der Weltkarte ein lebendiges Zeichen zu setzen, etwas, das in der Erinnerung bleibt. Im Kreis sitzen wir um die Weltkarte herum, hören zu, was die andern erzählen, stellen auch Fragen zu den gewählten Büchern und Ländern. Der Lehrer wird dort ergänzen, wo die Schüler und Schülerinnen nichts gewählt haben.

Als nächstes lese ich einen Text des Schweizer Autors Peter Bichsel vor. Warum glauben wir denn, dass die Erde rund ist? Natürlich haben wir Satellitenbilder gesehen, aber das Wissen um die runde Erde ist viel älter.

1. Ein bekanntes Phänomen ist das Versinken von Schiffen im Meer: Wenn sie wegfahren, werden sie nicht nur kleiner, sondern der Rumpf verschwindet schon gänzlich, wenn der Mast noch sichtbar ist.

2. Bei einer Mondfinsternis wirft die Erde einen kreisförmigen Schatten auf den Mond.

3. Wenn wir nach Norden reisen, steigt der Polarstern regelmässig höher.

Es ist schade, dass alle diese Indizien für die runde Erde nicht direkt gezeigt werden können, und man begreift daher, warum wir zwar alle wissen, dass die

Erde rund ist, aber warum wir uns das so schlecht vorstellen können. Bei Thales ist die Erde noch eine Scheibe. Aristoteles kennt dann aber schon die erwähnten Beobachtungen und ist von der Kugelgestalt der Erde überzeugt. Erathostenes gelingt schliesslich die Berechnung des Erdumfangs. Wagenschein weist noch auf einen weiteren wichtigen Punkt hin: Das Problem der Antipoden, das Problem von "unten".²⁶⁸

Der nächste Schritt führt die Teile (I) Länder auf der Karte und (II) Kugelgestalt der Erde zusammen: Die ausführliche Schilderung der ersten Weltumsegelung durch Magellan führt uns zum Globus: Von uns bis Amerika ist erst ein Viertel der Erde umrundet. Nach einer halben Umrundung sind wir mitten im pazifischen Ozean und nach drei Vierteln sind wir bis China gekommen. Wo liegt Feuerland, wo Magellan den Durchgang vom Atlantik in den Pazifik fand? Und wo liegen die Philippinen, wo Magellan den Tod fand?

2. Die Sterne

Am Anfang steht die Beobachtung des Nachthimmels. Wir lernen die Sternbilder kennen, erzählen die zugehörigen griechischen Sagen, staunen und stellen schliesslich auch fest, dass sich die Sterne bewegen: Die Sternbilder des Tierkreises ziehen dieselbe Bahn über den Himmel wie die Sonne, der grosse Bär und Cassiopeja, nur der Polarstern bleibt an seinem Ort. Als nächstes wollen wir eine Karte zeichnen, die uns die Orientierung am Himmel ermöglicht. Wir zeichnen dazu die Sternbilder in den Horizont des Beobachtungsortes. Um der Bewegung der Sterne Rechnung zu tragen, übertragen wir die Sternbilder auf eine Folie, die wir beim Polarstern an der Horizontscheibe befestigen. Da der Polarstern unverrückbar am Himmel steht, ist er auch am Tag da. Wir sehen ihn nur deshalb nicht, weil er vom Licht der Sonne überstrahlt wird. Auch der Bär und Cassiopeja wären zu sehen, sie stehen so nahe beim Polarstern, dass sie nie unter den Horizont tauchen. Und dort, wo wir nachts die Sternbilder des Tierkreises gesehen haben, dort müssten jetzt andere Sternbilder stehen. Anhand einer vorbereiteten Zeichnung lernen wir diese Sternbilder kennen. Wir bauen dann eine drehbare Sternkarte und lernen, wie man sie einstellt.

3. Der Mond

Im Laufe einer Woche kann man gut sehen, wie der Mond seine Gestalt ändert. Wir überlegen uns, wie diese Phasen entstehen. Das gelingt besonders gut bei Halbmond, wenn man Sonne und Mond gemeinsam am Himmel sehen kann. Und wenn wir den Mond nachts beobachten können, dann sehen wir, dass er langsamer über den Himmel läuft als die Sterne: Jeden Tag bleibt er im Tierkreis ein Stück hinter seinem Platz der letzten Nacht zurück. In einem Monat läuft er so durch den ganzen Tierkreis. Wir kommen so zur Himmelsuhr: Der Umlauf der Sonne legt den Tag fest. Wenn die Sonne den Mond überrundet, ist ein Monat vergangen, und wenn sie ihrerseits von den Sternen überrundet wird, ist ein Jahr vergangen.

4. Die Sonne

Der Lauf der Sonne bestimmt unsere Zeit. Im Sommer steht sie hoch am Himmel, im Winter viel tiefer über dem Horizont, aber immer wenn der Schatten am kürzesten ist, ist es Mittag. Merkwürdigerweise ist das nicht um 12 Uhr. Sommerzeit, Zeitzonen und Zeitgleichung können eine wesentliche Abweichung bewirken, das gilt es behutsam zu entdecken. Zugleich bildet die Sonne einen Kompass: Am

²⁶⁸ vgl. Martin Wagenschein: Die Erde unter den Sternen; S.11-13

Mittag steht sie genau im Süden, so dass der kürzeste Schatten nach Norden zeigt, dort wo nachts der Polarstern steht.

5. Die Erde unter den Sternen

In diesem Teil werden die vier beschriebenen Komponenten zusammengefügt. Auf eine Glaskugel, in deren Mitte sich ein kleiner Globus befindet, werden die Sternbilder so aufgemalt, wie wir sie am Himmel beobachtet haben. Auch Sonne und Mond werden aufgezeichnet und dann durch Drehen der Glaskugel um den Globus die Bewegungen der Himmelskörper dargestellt.

Zuerst die tägliche Drehung des Himmels um die Erde: Wer sieht die Sonne senkrecht über sich, wenn sie bei uns aufgeht? Wie sieht ein Mensch in Südafrika und einer in New York die Sonne, wenn wir Mittag haben? Wo steht der Orion, wenn wir abends den Adler beobachten (Orion liegt auf dem Himmelsäquator dem Adler gegenüber)? Wo steht der Adler senkrecht über der Erde, wenn wir ihn im Süden sehen? Und was sieht der Adler dann von der Erde?

Und dann die Veränderung im Laufe des Jahres: Sonne und Mond bewegen sich durch den Tierkreis. Man muss sie also von der Glaskugel wegwischen und - zum Beispiel ein halbes Jahr später - wieder im Tierkreis einzeichnen. Man sieht dann die Veränderung: Die Sonne steht nun tief über dem Horizont, und wir sehen nachts einen andern Bereich des Sternenhimmels: Der Orion dominiert den Himmel, während der Adler sich zurückzieht.

6. Der Ausblick²⁶⁹

In einem Diavortrag erhalten die Schüler und Schülerinnen einen Ausblick in die Entdeckungen der Astronomie von den Griechen über Kopernikus, Galilei, Kepler und Newton bis zum Urknall und den schwarzen Löchern. Dabei wird auch klar, wie unser Vorstellungsvermögen begrenzt ist: Die unermesslichen Distanzen²⁷⁰, die Erschütterung, als die Erde ihre zentrale Stellung im Kosmos verlor²⁷¹, die Erkenntnis, dass wir die Sterne nicht so sehen, wie sie jetzt sind, sondern dass wir, je weiter ein Stern von uns entfernt ist, umso mehr auch in die Vergangenheit schauen.

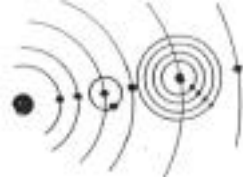
²⁶⁹ Die Schüler und Schülerinnen erwarten von einem Astronomie-Kurs natürlich, dass sie etwas über schwarze Löcher und Supernovas erfahren. Deshalb schliessen wir den Kurs mit diesem Ausblick ab. Die Metapher von Daniel Ahrens hat sich sehr bewährt: Im Laufe unseres Himmelskunde-Kurses wollen wir ein Stück weit am Berg der Astronomie selber klettern. Am Schluss der Woche werden wir dann mit dem Lift zum Gipfel fahren. Hans Glöckel hat diesen Schluss in seinem Vortrag in Naurod am 2.3.99 ausdrücklich gelobt.

²⁷⁰ Die Astronomen drücken die Entfernungen in Lichtjahren aus. Aber was stellen wir uns vor, wenn ein Stern einige Lichtjahre, eine Galaxie einige Millionen Lichtjahre und die entfernten Quasare einige Milliarden Lichtjahre weg sind?

²⁷¹ Blaise Pascal: „Das ewige Schweigen dieser unendlichen Räume erschreckt mich“, vgl: Alexandre von Koyré: Von der geschlossenen Welt zum unendlichen Universum, S.49

DER AUSBLICK

Kopernikus und Galilei:
das heliozentrische Weltbild



Hubble:
der Urknall



DIE STERNE



Die Horizontkarte



Sternbilder und
griechische Sagen



Die Sternkarte

DER MOND



Die Mondphasen



Die Himmelsuhr

Mit Orion und
Adler um die Welt



DIE ERDE INMITTEN VON SONNE, MOND UND STERNEN



Der Globus

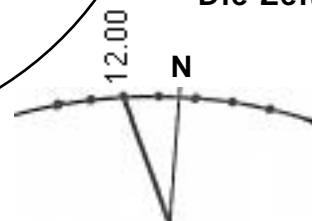


Die Weltkarte

DIE ERDE



Die Zeit



Die Schattenlinie

Der Kompass



DIE SONNE

Weltanschauung braucht auch Welt-Anschauung

4.2.1.4. Entwicklungsgeschichte des Lehrstücks

Das Lehrstück „Elementare Himmelskunde“ hat eine lange Entwicklungsgeschichte hinter sich. Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt die wichtigsten Stationen. Ausgehend von Daniel Ahrens Unterricht an der Ecole d'Humanité 1990 wurde in Seminaren und neuen Inszenierungen immer wieder mit dem Lehrstück gerungen, bis es seine jetzige Form fand. Die wichtigsten Veränderungen gegenüber der Erstfassung (publiziert im Lehrkunst-Buch) sind:

- Die Komponente „Weltkarte und Globus“ kam neu dazu.
- Bei Ahrens lautete der Aufbau: Von der Schattenlinie zur Sternkarte. In der heutigen Fassung ist das Modell „Die Erde im Zentrum der Himmelskugel“ das Ziel des Kurses. Es wird entwickelt aus den vier in ihrer Reihenfolge unabhängigen Komponenten „Erde“, „Sterne“, „Sonne“ und „Mond“.

Nachfolgend sind Inszenierungen des Lehrstücks, Vorträge und Publikationen in chronologischer Reihenfolge zusammengestellt:

- Lüderalp, Herbst 1989: Lehrerfortbildungskurs
Berg, Raebiger, Winnenburg, Gessler;
Bericht von Kugelman in BzL 1/90
- Ecole d'Humanité, Sommer 1990: 1 Woche Unterricht an einer 7. Klasse;
Ahrens
Bericht von Ahrens/Aeschlimann/Berg im Lehrkunstbuch, S.65 - 90
- Ecole d'Humanité, Herbst 1990: 1 Woche Unterricht an einer 7.Klasse;
Aeschlimann
- Lüderalp, Herbst 1990: Fortbildungskurs für Seminarlehrer/innen und
Praxislehrer/innen des Seminars Liestal
Berg, Eichenberger, Raebiger, Winnenburg, Ahrens, Aeschlimann
- Ecole d'Humanité, Herbst 1992: 1 Woche Unterricht an einer 7.Klasse;
Ahrens
- Lüderalp, Herbst 1993: Fortbildungskurs für Dozenten und Dozentinnen des
Technikums Winterthur;
Berg, Eichenberger, Aeschlimann
- Mit Adler und Orion um die Welt.
Berg
In: Marburger Lehrkunstbriefe, Herbst 94
- Langenbruck, Sommer 1995: Lehrerfortbildungskurs des Kantons Basel-Land
Berg, Eichenberger, Aeschlimann
Bericht in: Basellandschaftliche Schulnachrichten 6/95 (Moser)
- Hannover, Herbst 1995 (Wagenscheintagung):
Vortrag von Aeschlimann und Berg über den Kurs in Langenbruck

- Prés d'Orvin, Sommer 1996: Studienwoche für eine Klasse des Lehrerseminars Bern
Aeschlimann
- St.Gallen, Herbst 1996 (Kongress für Bildungsforschung):
Vortrag von Berg und Aeschlimann,
publiziert in: „Lernkultur im Wandel“, S.132-135
- Golaten, Frühjahr 1997: Unterricht in einer 5. - 9. Klasse der Primarschule des Kantons Bern,
Aeschlimann
- Prés d'Orvin, Sommer 1998: Studienwoche für eine Klasse des Lehrerseminars Bern,
Aeschlimann
- Seminarveranstaltungen an der Universität Marburg:
 - WS 97/98: „Wagenscheins Himmelskunde“ im Rahmen des Seminars:
„Wagenscheins Lehrstücke und Lehrregeln“
 - SS 98: Das Lehrstück „Elementare Himmelskunde“ im Rahmen des Seminars:
„Exempel eines genetisch-dramaturgischen Physik- und Chemieunterrichts“
 - WS 98/99: Das Lehrstück „Elementare Himmelskunde“ im Rahmen der
„Ringvorlesung: Unterrichtsexempel kooperativ optimieren“
Aeschlimann / Berg
- Weltkarte und Globus,
Aeschlimann
In: „Neue Schulpraxis“ 12/98

4.2.2. „Unterrichtsbericht“ über eine fiktive Studienwoche zum Lehrstück „Elementare Himmelskunde“

Lehrstücke werden in der Lehrkunst immer als Bericht eines realen Unterrichts vorgelegt. Da die Himmelskunde aber sehr stark von äusseren Einflüssen abhängt, lege ich hier einen Bericht vor über einen fiktiven Unterricht unter idealen Bedingungen. Der Bericht stützt sich auf die Erfahrungen der realen Inszenierungen. Er soll zeigen, wie das Lehrstück konzipiert ist, und ich werde danach zeigen, wie dieses Konzept in verschiedenen Kursen ausgestaltet wurde.

Ich gehe davon aus, dass ich mit einer 9.Klasse für eine Woche von der Schule wegfahren kann, um mich ganz auf die Himmelskunde zu konzentrieren²⁷². Als Datum habe ich ausgesucht: Montag 16.August 99 bis Freitag, 20.August 99. Folgende Gründe haben mich bewogen, dieses Datum auszusuchen:²⁷³

1. Im Sommer sind die Nächte zum Beobachten sehr kurz, im Winter sind sie zwar lang, aber sehr kalt, Das gewählte Datum ist ein Kompromiss. Die Sonne geht am Abend um 20.30²⁷⁴ unter, die Dämmerung ist um 22.00 zu Ende. Am Morgen beginnt die Dämmerung um ca. 5.00.

2. Am Donnerstag dieser Woche ist zunehmender Halbmond. Von den Planeten sind Jupiter und Saturn am Morgenhimmel zu sehen. Venus ist leider unsichtbar.

Montag, 16.August: Um halb neun treffen wir uns auf dem Bahnhof in Bern. Die Schüler sind für diese Himmelskunde-Woche gut motiviert, denn die Sonnenfinsternis der Vorwoche hat ihr Interesse für das Thema geweckt. Mit dem Zug fahren wir nach Biel und von dort mit dem Postauto nach Prés d'Orvin. Dort müssen wir unsere Rucksäcke schultern. Nach einem dreiviertelstündigen Aufstieg durch die Wiesen des Juras gelangen wir zu unserem Haus, das auf der Krete einer Jurakette liegt. Den Ort habe ich so gewählt, dass man einen guten Rundblick in alle Himmelsrichtungen hat. Nach einer Mittagspause treffen wir uns um 15 Uhr zum Beginn unserer Arbeit. Ich habe die Schüler und Schülerinnen gebeten, Papier und Farbstifte mitzunehmen. Ein fünfminütiger Spaziergang bringt uns zu einer Stelle, wo wir freie Rundschau haben. Ich erkläre das Panorama: Im Süden sind hinter dem Berner Mittelland die Alpen mit Eiger, Mönch und Jungfrau zu sehen. Im Norden sehen wir die weiteren Ketten des Juras, im Westen den markanten Sendeturm auf dem Chasseral. Wir wollen diese Rundschau nun zeichnen. Ich bitte die Schüler und Schülerinnen, vier Zeichnungen anzufertigen: Die erste zeigt den Blick nach Süden, die nächste denjenigen nach Westen usw. Es geht in diesem ersten Schritt darum, das, was wir sehen, auf Papier zu bringen. Ich habe den Schülern und Schülerinnen gesagt, dass für unsere Zielsetzung der Horizont besonders wichtig ist. Es geht also darum, dass man vereinfacht, dass markante Elemente in den richtigen Proportionen festgehalten werden. Der zweite Schritt besteht dann darin, diese vier Ausschnitte zu einem Rundpanorama zusammenzusetzen. Und weil wir ja den Himmel mit Sonne Mond und Sternen betrachten wollen, müssen wir das Panorama so zeichnen, wie wenn wir auf dem Boden liegen würden, mit Blick nach oben. Ich habe den Schülern und Schülerinnen als Anleitung gesagt, dass sie einen Kreis mit einem Durchmesser von etwa 10 cm

²⁷²Am Staatlichen Seminar Bern sprechen wir von einer Studienwoche. Es sind aber auch andere Bezeichnungen gebräuchlich: Projektwoche, Schulverlegungswoche, Klassenfahrt.

²⁷³Üblicherweise ist man bei der Wahl des Datums nicht völlig frei. Für die beiden Kurse des Lehrerseminars in Prés d'Orvin (s.Kapitel 4.2.2) war das Datum fest vorgegeben.

²⁷⁴Alle Zeiten sind in MESZ (mitteleuropäische Sommerzeit) angegeben, der Zeit also, die wir auf unserer Uhr ablesen.

zeichnen sollen, der unseren idealen Horizont darstellt, und über diesen idealen Horizont wird nun der reale Horizont gezeichnet. Bäume und Berge zeigen auf unserer Zeichnung Richtung Zentrum und dabei treten Krümmungen und Verzerrungen auf, die nicht einfach zu bewältigen sind. Es ist deshalb wichtig, auf die vier Zeichnungen des ersten Schritts zurückgreifen zu können. Einige Schüler und Schülerinnen bewältigen die Aufgabe allein, andern muss ich helfen. Nach zwei Stunden haben alle ihr Rundpanorama gezeichnet und auf Karton aufgeklebt. Wir haben damit die Horizontkarte vorbereitet und gleichzeitig den Beobachtungsplatz kennengelernt, wo wir am Abend die Sterne betrachten wollen.



Horizontzeichnen
5.-9.Klasse; Golaten 1997

Kurz vor 21 Uhr treffen wir uns dann wieder auf dem Beobachtungsplatz. Die Sonne ist schon untergegangen, aber es ist noch ziemlich hell. Im Westen sehen wir gerade die Sichel des Mondes untergehen. Langsam tauchen dann die ersten Sterne auf. Zwei helle Sterne stehen fast senkrecht über uns, ein dritter ist in halber Höhe nach Süden zu erkennen. Es ist das Sommerdreieck mit Deneb, Wega und Atair. Gegen Westen sieht man den hellen Arktur. Mit zunehmender Dunkelheit tauchen mehr Sterne auf. Im Nord-Osten, wo es etwas finsterner ist, erkennt eine Schülerin das Himmels-W: die Cassiopeja. Ich erzähle die Sage von der griechischen Königin Cassiopeja und ihrer Tochter Andromeda²⁷⁵. Natürlich wollen die Schüler und Schülerinnen wissen, ob man Andromeda und ihren Retter Perseus auch sehen kann. Ja, wenn es noch etwas dunkler wird, werden die beiden Sternbilder unterhalb der Cassiopeja im Nordosten zu sehen sein. Ein Schüler hat vom Andromeda-Nebel gehört. Was ist das? Ich erkläre hier nur, dass wir ihn im Sternbild Andromeda sehen können. Im Unterschied zu den Sternen sehen wir ihn nicht als Punkt, sondern als kleinen nebligen Fleck. Man braucht allerdings eine klare Sicht, um den Andromedanebel mit bloßem Auge zu sehen. Inzwischen können wir im Nordwesten den grossen Bär erkennen. Beim Deneb, den wir als einen der ersten Sterne erblickt haben, ist jetzt das ganze Sternbild des Schwans aufgetaucht, auch Leier und Adler kann ich zeigen und daneben den Herkules, die Krone und den Bootes. Inzwischen ist es schon 22 Uhr, und wir können deutlich erkennen, dass sich der Arktur bewegt hat, er steht nun schon ganz nahe am Horizont. Eine Schülerin will wissen, wo der kleine Bär ist. Ich zeige, wie man ihn vom grossen Bären aus finden kann. Ein Schüler weiss, dass dort der Polarstern ist. Richtig: an der Spitze des Schwanzes.

²⁷⁵ Literatur: Wolfgang Schadewaldt: Sternsagen und Werner Perrey: 46 Sternbilder und ihre Legenden.

Ich zeige den Schülern und Schülerinnen dann den Drachen, der sich zwischen den beiden Bären hindurchwindet und den Herkules bedroht. „Wo liegt der Orion?“ will ein Schüler wissen. „Orion sieht man im Winter“ weiss ein anderer. Ja, richtig, Orion werden wir diese Woche nicht sehen können. Warum? Diese Frage lasse ich offen. Mit einem Rundgang beschliessen wir um 22.30 diese Sternbeobachtung: Wo ist der Schwan? und Cassiopeja, Bär Adler - ja, die wichtigsten sind uns schon ein bisschen vertraut.

Dienstag: Der Dienstagmorgen beginnt damit, dass die Schüler und Schülerinnen einen Text schreiben zur Sternbeobachtung. Es geht darum, sich zurückzuerinnern: Was haben wir gesehen? Aber es geht auch darum, seine Gefühle festzuhalten. Die Beobachtung der Sterne, draussen in der finsternen Nacht, und das Erzählen der Sagen löst erfahrungsgemäss bei vielen Schülern und Schülerinnen starke Emotionen aus.

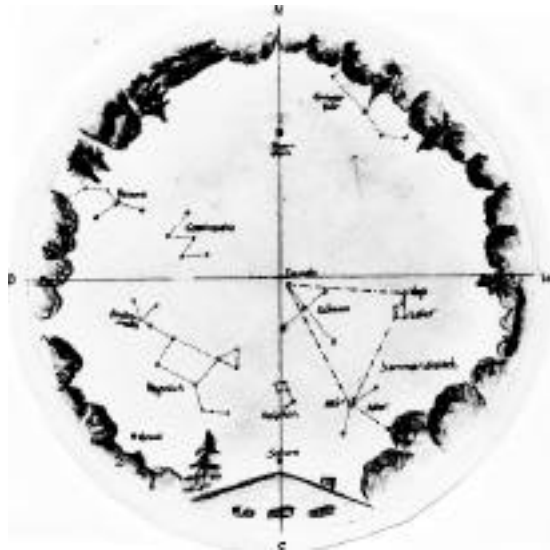
Im Anschluss an diese Arbeit werten wir die Beobachtungen gemeinsam aus: Ich habe den Horizont auf einem grossen Papier (70x70cm) aufgezeichnet und wir versuchen nun, die Sternbilder so einzutragen, wie sie gestern Abend am Himmel standen: Das Sommerdreieck: die Leier fast senkrecht über uns, der Schwan etwas östlich davon, mit dem Kopf fliegt er Richtung Süden. Wir halten das Blatt über unsere Köpfe und zeichnen diese beiden Sternbilder ein. Der Adler stand etwa auf halber Höhe Richtung Süden, wir halten das Blatt also senkrecht Richtung Süden und versuchen, den Adler einzutragen Stimmt es? Nein, der Kopf des Schwan war zwischen Leier und Adler. Doch, der Adler ist richtig, aber der Schwan ist zu gross geraten. Und so geht es weiter: Im Nordwesten steht der grosse Bär - wie war schon wieder sein Schwanz gekrümmt? - von dort aus finden wir den Polarstern, und gegenüber dem Bären im Nordosten Cassiopeja. Arktur im Bootes fehlt noch, er stand knapp über dem Horizont im Westen. Er lässt sich auch durch Verlängern des Schwanzes des Bären finden, wir können damit prüfen, ob wir diesen richtig gezeichnet haben.



Die Sterne werden in die Horizontzeichnung eingetragen.

5.-9. Klasse, Golaten 1997

Wir haben nun gemeinsam eine Karte gezeichnet, mit der wir uns am Himmel orientieren können, eine Himmelskarte gewissermassen. Wir nennen sie Horizontkarte, weil wir die Sterne in den Horizont unseres Beobachtungsortes eingezeichnet haben. Die Schüler und Schülerinnen übertragen nun die Sternbilder von unserer grossen, gemeinsamen Zeichnung auf ihre eigene Horizontzeichnung.



Die Karte hat einen grossen Nachteil: sie gilt nur für 22 Uhr im August, denn wir haben ja gesehen, dass sich die Sterne bewegen. Die Lösung dieses Problems wird rasch gefunden: Wir müssen die Sterne auf eine durchsichtige, drehbare Scheibe zeichnen, dann können wir ihre Bewegung auf der Karte nachvollziehen. Ich teile allen Schülern und Schülerinnen eine Klarsichtfolie aus und bitte sie, mit einem wasserfesten Foliestift die Sterne von ihrer Zeichnung auf die Folie zu übertragen. Mit einer Reisszwecke wird die Folie auf der Horizontzeichnung befestigt - es ist schnell klar, dass die Reisszwecke nicht im Zentrum durchgesteckt werden darf - sonst würden alle Sterne Kreise um den Zenit machen und es gäbe keine Auf- und Untergänge - sondern beim Polarstern. Sofort beginnt das Ausprobieren: Geht der Arktur nun wirklich unter? Ja, und später wird auch der Adler untergehen, während der Schwan nur ganz knapp den Horizont streift und Cassiopeja und der grosse Bär immer am Himmel stehen bleiben. Also auch am Tag? Ja, es wird uns klar: Auch am Tag stehen Sterne am Himmel, nur werden sie von der Sonne überblendet. Wo wäre der grosse Bär jetzt? Von unserer Beobachtungseinstellung müssen wir mit der Folie eine halbe Drehung machen, der Bär wäre jetzt im Nordosten und Cassiopeja im Nordwesten, sie haben also gerade die Plätze getauscht. „Gibt es auch Sterne, die immer nur am Tag am Himmel stehen?“ will eine Schülerin wissen. Ich beantworte diese Frage: „Ja, zum Beispiel Orion, den wir gestern am Himmel nicht gefunden haben, der wäre jetzt im Süden sehr schön zu sehen.“ „Warum sieht man ihn dann im Winter?“ Diese Frage muss ich vorläufig offen lassen. Wenn ich auf solche Fragen eingehe, dann verlassen wir zu früh unsere Beobachtungen und gehen auf eine abstrakte Ebene, mit Modellen, usw. War nicht auch die Antwort mit Orion zu früh? Ich denke nicht, denn einige Schüler und Schülerinnen kannten ja den Orion und wussten, dass er im Winter zu sehen ist, und wenn ich den Schülern und Schülerinnen sage, dass er jetzt im Süden steht, dann verbaue ich noch nichts mit Modellen.

Dienstagnachmittag:

Von 14-15 Uhr haben die Schüler und Schülerinnen Zeit, ihre Hefte nachzuführen. Heute soll vor allem die Entstehung der Horizontkarte beschrieben werden. Um 15 Uhr treffen wir uns dann zur gemeinsamen Arbeit. Ich habe auf einem grossen Blatt Papier alle Sterne, die wir am Himmel sehen können - auch diejenigen, die jetzt nicht sichtbar sind, sondern erst im Winter - als schwarze Punkte aufgezeichnet. Ein Gewirr von Punkten - wie soll man sich da zurechtfinden? Wenn man sich

etwas in das Bild vertieft, wird man das eine oder andere Sternbild erkennen, zum Beispiel Cassiopeja und den grossen Bären. Wir verbinden die entsprechenden Punkte zu Sternbildern, und nun haben wir schon Anhaltspunkte. Zwischen Cassiopeja und dem grossen Bären muss der Polarstern mit dem kleinen Bären liegen, bei Cassiopeja können wir Andromeda und ihren Retter, Perseus mit dem geflügelten Pferd Pegasus, suchen.

Wo liegt das Sommerdreieck mit Schwan, Adler und Leier? Die Krone fällt auf, und zwischen Krone und Leier finden wir den Herkules. Man merkt: Wir tasten uns vorwärts entlang den Sternbildern, die wir in der Nacht selber gesehen haben und die wir mit der Horizontkarte vertieft haben. Ich ergänze noch den Schützen, den wir am Horizont auch noch gesehen haben, und daneben den schönen Skorpion, der bei uns im Juni und Juli im Süden über den Horizont steigt, jetzt im August aber schon hinter den Jurahügeln verschwunden ist. Eine Schülerin erinnert sich²⁷⁶: „In den Sommerferien habe ich den Skorpion in Italien sehr schön gesehen“. Eine andere Schülerin fragt: „Schütze und Skorpion sind doch Sternzeichen. Gibt es die andern auch am Himmel?“ Lehrer: „Welche kennt ihr noch?“ Im Nu haben wir die zwölf Namen zusammen. Lehrer: „Einige davon sind Sternbilder, die man am Himmel sehr gut erkennen kann, zum Beispiel Löwe, Zwillinge und Stier. Andere wiederum sind schwieriger zu finden, aber alle stehen am Himmel.“ Ich zeichne alle zwölf Tierkreis-Sternbilder ein. Schüler: „Warum liegen die auf einem Kreis?“ Schülerin: „Was ist das besondere an diesen Sternbildern?“ Lehrer: „Wo müssten wir jetzt die Sonne einzeichnen?“ Wir überlegen: Um Mitternacht stand der grosse Bär fast im Norden, also unterhalb des grossen Bären müsste die Sonne sein. Lehrer: „Ja, die Sonne müssten wir jetzt im Sternbild Krebs einzeichnen. Und der Krebs wandert nun im Laufe des Tages mit der Sonne über den Himmel, nur können wir ihn nicht sehen, weil die Sonne so hell ist. Die Sonne ist aber eine kleine Spur langsamer als die Sterne, und in einem Monat würde sie dann im Sternbild Zwillinge stehen. Und so wandert die Sonne im Laufe des Jahres durch alle Sternbilder des Tierkreises.“ Schülerin: „Aber ich habe morgen Geburtstag und ich bin kein Krebs, sondern ein Löwe. Müsste die Sonne nicht im Löwen stehen?“ Lehrer: „Bei den Griechen war das so. In den zweitausend Jahren seither hat sich das um ein Sternbild verschoben. Die Astrologen haben einen Grund, warum sie die Stellung der Griechen beibehalten haben, aber das würde zu weit führen, das jetzt hier zu erklären.“ Schülerin: „Ich habe Aszendent Löwe und bin im Dezember geboren?“ Lehrer: „Der Aszendent hat nichts mit der Sonne zu tun. Er ist das Sternzeichen, das gerade am Horizont aufging, als du geboren wurdest. Je nach Tageszeit kann das irgend eines der zwölf Tierkreiszeichen sein.“ Wir wollen nicht auf die Astrologie eingehen²⁷⁷, sondern die Sternkarte fertig zeichnen. Ich umkreise zunächst mit Farbe, was wir gestern um 22 Uhr gesehen hatten: Im Süden den Adler, im Osten den Pegasus, im Nord-Westen den grossen Bären: Der Horizont unter diesen Sternbildern erscheint als Oval, das den Ausschnitt des Himmels bezeichnet, den wir um diese Zeit gesehen hatten. Warum es ein Oval ist und nicht ein Kreis, wie man erwarten würde, kümmert uns nicht. Wichtig ist nur: Im Osten tauchen im Laufe der Nacht neue Sternbilder auf, während andere am Westhorizont verschwinden.

Wir fahren nun weiter mit den Sternen, die wir am Abend nicht gesehen haben: Wir finden Orion, den Fuhrmann und haben zusammen mit dem Stier und den Zwill-

²⁷⁶ Diese Sequenz basiert auf Aufzeichnungen der Inszenierung in Prés d'Orvin 98

²⁷⁷ Die Astrologie ist für viele Schüler und Schülerinnen ein brennendes Thema. Ich klammere aber diese Fragen bewusst aus der Himmelskunde aus. Nicht weil ich nichts davon halte, sondern weil ich deutlich machen will: Astronomie und Astrologie sind zwei ganz verschiedene Felder.

lingen, die wir im Tierkreis schon gezeichnet hatten, die Sternbilder gezeichnet, die im Winter den Nachthimmel beherrschen. Damit sind die wichtigsten Sternbilder bezeichnet. Ich verteile nun den Schülern und Schülerinnen eine Kopie, auf der die Sterne der wichtigsten Sternbilder als Punkte aufgezeichnet sind, und bitte sie, die Sternbilder einzuzichnen und anzuschreiben. Dann wird die Kopie auf Karton aufgeklebt und mit einer Reisszwecke eine Deckfolie angebracht, auf der der sichtbare Himmelsausschnitt angegeben ist. Eigentlich ist die Karte falsch gemacht, denn wenn wir die Sternkarte nun einstellen wollen, drehen wir die Folie, also eigentlich den Horizont. Richtig wäre, den Horizont auf den festen Karton zu kleben und die Sterne auf die bewegliche Folie, denn wir sehen ja die Bewegung der Sterne am Himmel. Auf jeder gebräuchlichen Sternkarte sind die Sterne aber auf den Karton gedruckt und der Himmelsausschnitt wird gedreht.

Als alle Schüler und Schülerinnen ihre Sternkarte fertiggestellt haben, erkläre ich, wie man sie einstellt: Die Zeit der Beobachtung auf der drehbaren Folie wird auf das entsprechende Datum auf der Kartonscheibe gedreht. Mit einigen Übungen zum Einstellen der Sternkarte beenden wir diesen Nachmittag: Was sehen wir morgens um vier Uhr? Wann würde der Orion jetzt aufgehen? Wann kann man den Orion im Oktober, wann im Januar sehen?

Mittwoch:

Kurz nach drei Uhr reißt mich der Wecker aus dem Schlaf. Der Himmel ist wunderbar klar. Ich ziehe mich warm an, stelle das Fernrohr²⁷⁸ auf und wecke gegen halb vier Uhr die Schüler und Schülerinnen. Verschlafen kommen sie nach und nach vors Haus. Im Fernrohr habe ich den Jupiter eingestellt, man kann den Planeten mit seinen Wolkenbändern und die vier grössten, von Galilei entdeckten Monde, zwei auf der linken Seite und zwei auf der rechten Seite des Planeten²⁷⁹, deutlich sehen. Dann gehen wir zum Beobachtungsort. Der Himmel bietet jetzt einen ganz andern Anblick als am Montagabend. Fast senkrecht über uns steht Cassiopeja, während der grosse Bär tief im Norden steht, zum Teil schon hinter den höchsten Tannen verdeckt. Das Sommerdreieck mit Schwan, Adler und Leier sehen wir gegen Westen, der Adler wird schon bald untergehen. Im Osten ist der Stier schön zu sehen, auch Capella aus dem Fuhrmann funkelt hell. Eine Schülerin entdeckt die Plejaden. Gegen halb vier, als wir unsere Beobachtung des Morgenhimmels beenden, tauchen Castor und Pollux aus dem Sternbild der Zwillinge auf, von Orion dagegen ist erst Betelgeuze zu sehen, der Rest des Sternbilds versteckt sich noch hinter den Bäumen. Bevor wir wieder schlafen gehen, dürfen die Schüler und Schülerinnen mit dem Fernrohr den Saturn bewundern, für viele ein ganz besonders Erlebnis. Brigitte schreibt in ihrem Heft: „Bevor ich dann um etwa 4.30 wieder ins Bett ging, bestaunte ich den Planeten Saturn im Fernrohr. Dieser sah so wunderbar aus, wie ich ihn mir bisher nur vorgestellt und auf Bildern gesehen hatte. Dies war ein ganz besonderes Erlebnis. So etwas kann man nicht jeden Tag sehen!“

Am Morgen bleiben wir etwas länger liegen und beginnen mit der Arbeit erst um 10 Uhr. Auf dem Tisch vor dem Haus habe ich ein grosses Papier befestigt, mitten drauf steht auf einem Brettchen befestigt ein Nagel. Wir wollen während des ganzen Tages immer wieder die Spitze seines Schattens aufzeichnen. Ich markiere nun den ersten Punkt und schreibe die Uhrzeit dazu. Dann setzen wir uns um einen andern Tisch, auf dem ich die grosse Weltkarte ausgebreitet habe. Jeder Schüler und jede Schülerin hatte die Aufgabe, ein Buch mitzubringen, das eine Geschichte

²⁷⁸ Das Lehrerseminar besitzt ein Celestron C8 Spiegelteleskop (20 cm Öffnung, Schmidt-Cassegrain)

²⁷⁹ Hans-Ulrich Keller: Das Himmelsjahr 1999; Kosmos-Verlag, S.146

aus einem fernen Land erzählt. Jeder stellt nun sein Buch kurz vor: wovon es handelt, in welchem Land die Handlung spielt und warum er oder sie gerade dieses Buch mitgebracht hat. Auf diese Weise entsteht ein lebendiges Bild der Weltkarte.



Die Schüler und Schülerinnen stellen ihre Bücher vor.
10.Klasse,
Prés d'Orvin 98

Ich habe von Tanja Blixen das Buch „Afrika, dunkel lockende Welt“ mitgebracht, ein Buch das vor einigen Jahren durch die Verfilmung mit Meryl Streep und Robert Redford unter dem Titel „Out of Africa“ bekannt wurde²⁸⁰. Das Buch ist in unserem Zusammenhang interessant, weil es von Kenia handelt, einem Land, das genau auf dem Aequator liegt - der Linie, die die Erdkarte in eine obere (nördliche) und eine untere (südliche) Hälfte trennt. Es ist für mich immer wieder erstaunlich, wie tief unten in Afrika der Aequator liegt. Wir schauen dann, wo der Aequator in Amerika liegt: Im Osten läuft er durch den nördlichsten Teil von Brasilien, und an der Westküste ist ein Land nach ihm benannt: Equador.

Ich lese nun den Schülern und Schülerinnen eine Textstelle des bekannten Schweizer Autors Peter Bichsel vor²⁸¹: *„Ein Mann, der weiter nichts zu tun hatte, ... verbrachte seine Zeit damit, dass er sich alles, was er wusste, noch einmal überlegte. ... Die Erde ist rund, das wusste er. Seit man das weiss, ist sie eine Kugel, und wenn man immer geradeaus geht, kommt man wieder zurück an den Ort, von dem man ausgegangen ist. Nur sieht man nicht, dass sie rund ist, und deshalb wollten die Leute das lange nicht glauben, denn wenn man sie anschaut, ist sie gerade, oder sie geht hinauf oder hinunter, sie ist mit Bäumen bepflanzt und mit Häusern bebaut, und nirgends biegt sie sich zu einer Kugel; dort, wo sie es tun könnte, auf dem Meer, dort hört das Meer einfach auf, endet in einem Strich, und man sieht nicht, wie sich das Meer und wie sich die Erde biegt. Es sieht so aus, als würde die Sonne am Morgen aus dem Meer steigen und abends zurücksinken ins Meer.*

Doch wir wissen, dass es nicht so ist, denn die Sonne bleibt an ihrem Ort, und nur die Erde dreht sich, die runde Erde, jeden Tag einmal. Das wissen wir alle, und der Mann wusste das auch. Er wusste, wenn man immer geradeaus geht, kommt man nach Tagen, Wochen, Monaten und Jahren an denselben Ort zurück; wenn er jetzt

²⁸⁰ „Ich hatte eine Farm in Afrika am Fusse der Ngongberge.“ Schon im erste Abschnitt des Buches spürt man, wie sehr Tanja Blixen Afrika und seine Einwohner liebte, wie intensiv sie die 17 Jahre in Afrika bis zum Scheitern ihrer Farm erlebte.

²⁸¹ Peter Bichsel: Die Erde ist rund; aus:P.Bichsel: Kindergeschichten; Luchterhand 1969; auch als Taschenbuch erhältlich.

von seinem Tisch aufstände und wegginge, käme er, später, von der andern Seite wieder zu seinem Tisch zurück.

Das ist so, und man weiss es. »Ich weiss«, sagte der Mann, »wenn ich immer geradeaus gehe, komme ich an diesen Tisch zurück.«

»Das weiss ich«, sagte er, »aber das glaube ich nicht, und deshalb muss ich es ausprobieren.«

»Ich werde geradeaus gehen«, rief der Mann, der weiter nichts zu tun hatte, denn wer weiter nichts zu tun hat, kann geradesogut geradeaus gehen.

Nun sind aber die einfachsten Dinge die schwersten. Vielleicht wusste das der Mann, aber er liess sich nichts anmerken und kaufte sich einen Globus. Darauf zog er einen Strich von hier aus rund herum und zurück nach hier.“

Natürlich wissen auch die Schüler und Schülerinnen alle, dass die Erde rund ist. Aber warum wissen wir das? Dominik²⁸²: „Man sieht es auf Satellitenaufnahmen.“ Lehrer: „Das ist richtig. Aber dass die Erde rund ist, wussten schon die Griechen, und die hatten noch keine Satellitenaufnahmen“ Stefan: „Man kann rund herum reisen. Kolumbus hat das getan.“ Lehrer: „Es war nicht Kolumbus, der hat Amerika entdeckt.“ Ich zeige die Reise von Kolumbus auf der Weltkarte. „Der erste, der mit dem Schiff um die Welt herumgesegelt ist, war Magellan, von seiner Reise werde ich euch noch erzählen. Aber Magellan musste ja schon daran glauben, dass die Erde rund ist, sonst hätte er seine Reise nicht unternommen.“ Deborah: „Wenn sie eine Scheibe wäre, würde man am Rand herunterfallen.“ Nathalie: „In der Wüste kann man nicht unendlich weit sehen.“ Lehrer: „Noch besser sieht man es beim Meer: Wenn ein Segelschiff von der Küste wegfährt, verschwindet zuerst der Rumpf, dann auch das Segel und zuletzt noch die Mastspitze. Wenn das Meer flach wäre, würde das Schiff einfach immer kleiner werden.“ Das leuchtet den Schülern und Schülerinnen ein. Genügt das als Beweis? Wagenschein schreibt: „Das macht noch lange keine Kugel. Nur Wölbung ist gewiss da.“²⁸³ Ich erwähnte deshalb noch einen weiteren Beweis für die Kugel: Die Griechen wussten, dass bei einer Wanderung nach Norden einige Sternbilder, die man von Griechenland aus am Südhorizont sieht, nicht mehr sichtbar sind. Wäre die Erde eine Scheibe, dann müsste man überall die gleichen Sternbilder sehen. Man könnte hier auch die Änderung der Höhe des Polarsterns anfügen: In der Schweiz sehen wir den Polarstern unter einem Winkel von 47 Grad²⁸⁴. Je weiter wir nach Norden reisen desto höher steigt der Polarstern, in Marburg z.B. sind es schon fast 51 Grad.²⁸⁵ Wagenschein führt die Mondfinsternis als Beweis an²⁸⁶. Tatsächlich spielte sie bei Aristoteles eine wichtige Rolle, aber für die Schüler liegt sie fern, nur wenige haben sie schon gesehen. Im Unterricht mit den Seminaristen und Seminaristinnen habe ich Photos gezeigt. „Aber immer noch nicht beweist das, dass wir auf einer Kugel wohnen; es könnte auch eine Kreisscheibe sein. Auch sie macht einen runden Schatten.“ Dass die Erde eine Kugel ist, wird ganz deutlich, „wenn der Mond gerade im Osten aufgeht, während drüben, gegenüber, die Sonne versinkt. Wäre die Erde ein Diskus, so

²⁸² Die Zitate stammen aus dem Unterricht mit der 5.-9.Klasse. Die hier wiedergegebene Sequenz wurde veröffentlicht in „Neue Schulpraxis, Dezember 98“

²⁸³ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.312

²⁸⁴ Man spricht von der „geographischen Breite“, aber was ist hier eigentlich breit? Es wäre doch viel einleuchtender zu sagen „Bern hat eine Polarsternhöhe von 47 Grad.“

²⁸⁵ Martin Wagenschein: „Entscheidend ist nicht das Aufsteigen überhaupt, sondern das gleichmässige Steigen im Mass unseres Schreitens. Der Turmhahn erhebt sich bei jedem Schritt um ein grösseres Stückchen, anfangs wenig, später mehr. Der Polarstern aber steigt bei jeder Tagesreise um dasselbe Stück“. Die Erfahrung des Erdballs; S.29

²⁸⁶ vgl.: Martin Wagenschein: Die Erde unter den Sternen; S. 9

dürfte in dieser schrägen Bestrahlung ihr Schatten nicht rund, er müsste ein längliches, lattenförmiges Gebilde sein. Aber er ist immer kreisrund.“²⁸⁷
Die erwähnten Beweise für die Erdkrümmung können im Unterricht nicht direkt vorgeführt werden. Man kann weder eine längere Nord-Süd-Reise unternehmen noch hat man ein Meer vor sich, und auch die Mondfinsternis ist selten zu sehen. Wagenschein schlägt deshalb vor, die Mondfinsternis als Film zu zeigen.²⁸⁸

Da die Sonne scheint, kann ich den Schülern noch folgenden Versuch zeigen: In ein flaches Stück Styropor stecke ich in einigen Zentimetern Abstand zwei Zahnstocher senkrecht hinein. Dasselbe machte ich auch mit einer grossen Styroporkugel. Wenn ich die Styroporplatte so richte, dass der erste Zahnstocher keinen Schatten wirft, dann hat auch der zweite keinen Schatten. Bei der Kugel dagegen sieht man deutlich, wie der zweite Zahnstocher einen Schatten wirft, weil er eben in eine andere Richtung weist. Und man erkennt auch: Je grösser die Kugel ist, desto kürzer wird der Schatten, wenn die Zahnstocher gleich weit voneinander entfernt sind. Ich erkläre den Schülern und Schülerinnen, wie Eratosthenes mit dieser Überlegung im Jahre 324 v.Chr. den Erdradius bestimmen konnte.²⁸⁹

Wir machen dann eine Pause, und danach erzähle ich den Schülern und Schülerinnen ausführlich von Magellans Reise²⁹⁰. Spannend: Wenn Magellan den Durchgang vom Atlantik zum Pazifik endlich findet, liegt nun ein fast unendlicher Ozean vor ihm. Drei Jahre braucht Magellan bzw. del Cano, der nach Magellans Tod auf den Philippinen die Weltumrundung zu Ende führte.²⁹¹ Die Schüler und Schülerinnen hören fasziniert zu. Simon²⁹² hat die Reise in eigenen Worten ausgezeichnet zusammengefasst:

MAGELLANS GEWALTIGE REISE

Magellans grosse Reise begann am äussersten Zipfel von Spanien und sollte nach Indien zu den „Gewürzinseln“ führen. Wenn er die normale Route um Afrika genommen hätte, dann wäre das gar nichts Besonderes gewesen. Doch er war schon damals fest überzeugt, dass die Erde eine Kugel sei und dass man also auch in der anderen Richtung dorthin komme. Dieses Abenteuer begann im Jahre 1519. Fünf Schiffe und 265 Männer konnte er zu dieser gefährlichen Reise ermuntern. Es brauchte riesige Mengen Nahrung für diese Fahrt ins Ungewisse, und er durfte ja nichts vergessen; nur eine kleine Fehlüberlegung hätte unter Umständen den Tod vieler Männer bedeutet.

Endlich ging es los! Die ausgewählte Route führte vorerst durch schon erkundetes Gewässer. Nämlich Afrika entlang, und dann quer über den Atlantik nach Amerika. Jetzt sind schon einige Monate vergangen, und sie segeln an der südamerikanischen Küste südwärts auf der Suche nach einer Landlücke, wo sie auf die

²⁸⁷ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.30-31

²⁸⁸ Martin Wagenschein: Die Erfahrung des Erdballs; S.314

²⁸⁹ vgl. Martin Wagenschein: Mathematik aus der Erde; S.298-299

²⁹⁰ Literatur: Stefan Zweig: Magellan. Ein spannender, historisch sorgfältig recherchierter Roman. Fischer-Taschenbuch, 1983

Für jüngere Schüler und Schülerinnen: Richard Humble: Die Reise des Magellan. Aus der Reihe: Die grossen Entdecker, Tessloff, 1991.

²⁹¹ Könnte man am Äquator um die Erde herumlaufen, wie Peter Bichsels Mann plante, so hätte man auch etwa drei Jahre zu laufen! Phileas Fogg in Jule Vernes berühmtem Roman von 1874 braucht 80 Tage, um rund um die Erde zu fahren. B.Piccard umrundete 1999 in seinem Ballon die Erde in 21 Tagen.

²⁹² Simon Forster, 9.Klasse, Golaten (1997)

andere Seite des Kontinents gelangen würden. Doch jetzt bekamen sie ein Problem: der Winter zwang sie zu einer sechsmonatigen Pause, die sie in einer kargen Bucht verbracht haben. Drei Männer wollten in dieser Zeit Magellan über-rumpeln und die Rückreise antreten, doch er merkte das noch früh genug und bestrafte sie.

Als die Reise wieder beginnen konnte, fanden sie nach langer Suche den Kanal und gelangten in den Pazifik (Stiller Ozean). Später nannte man diese Stelle „Magellanstrasse“ Jetzt folgte der härteste Abschnitt: die Männer sahen Tag für Tag nur Wasser - der Vorrat wurde immer kleiner, das Essen einseitiger. Viele Matrosen wurden in dieser Zeit krank und starben. Doch sie schafften es trotzdem! Eines Tages stiessen sie auf eine der philippinischen Inseln, wo sie freundlich begrüsst worden sind. In der Zeit wo sie dort waren, konnte Magellan viele gute Tausch-geschäfte mit den Einheimischen abwickeln. Doch das ging nicht immer so. Auf einer anderen Insel bekamen sie Streit, und es kam zum Krieg. Der verlief nicht so, wie es sich Magellan gewünscht hat: Ein Teil der Mannschaft konnte mit zwei Schiffen die Flucht antreten, doch Magellan kam im Kampf ums Leben.

Die Geflüchteten machten sich dann auf den Weg zu den „Gewürzinseln“, wo sie die Schiffe mit sehr kostbaren Gewürzen beladen haben. Allerdings bemerkten sie an einen Schiff einen schweren Schaden, der nicht schnell behoben werden konnte. Also machte sich vorerst nur ein Schiff auf den Heimweg und kam nach wiederum langer Fahrt um Afrika herum in Spanien an. Die andere Schiffs-besatzung wollte später diesen Rückweg nehmen, den sie gekommen waren. Das Schiff wurde nie mehr gesehen.

Die 18 Überlebenden hatten für die Reise drei Jahre gebraucht (1519 - 1522).

Nach dem Essen haben die Schüler und Schülerinnen wieder eine Stunde Zeit für Hefteinträge, insbesondere für die Sequenz vom Vormittag. Den Textausschnitt von Peter Bichsel habe ich als Kopie vorbereitet.

Um 15 Uhr treffen wir uns draussen. Der Mond, fast Halbmond, steht am Himmel. Wie entstehen die Phasen des Mondes? Weit verbreitet ist die Meinung, es sei der Schatten der Erde. Jetzt sieht man sehr schön, dass das nicht sein kann, denn beide Gestirne stehen am Himmel, keine Erde, die dazwischen ist und einen Schatten werfen könnte. Wir sehen, dass die beleuchtete Seite des Mondes von der Sonne beschienen ist, und mit einer Styroporkugel, die wir ins Sonnenlicht halten und um uns herum drehen - jeder muss das machen! - sieht man, wie die Phasen entstehen. Erst nachdem jeder das selber gesehen hat, zeige ich es auch noch mit Globus und Holzkugel als Mond - ich habe den Mond im richtigen Grös-senverhältnis²⁹³ gewählt, aber den Abstand von der Erde kann man kaum im richtigen Massstab zeigen, zu weit müsste der Mond von der Erde weg sein. Und erst wenn man die grosse Entfernung des Mondes vor sich sieht, begreift man, dass eine Finsternis so selten eintritt. Um zu prüfen, ob wir die Mondphasen verstanden haben, besprechen wir noch einige Aufgaben, zum Beispiel: Wie sieht ein Astro-naut vom Mond aus die Erde im Laufe eines Tages? und im Laufe eines Monats? Mit dem Fernrohr betrachten wir dann den Mond mit seinen Kratern und Mare-Gebieten. Nach dem Nachtessen, in der Dämmerung, wird er noch viel schöner zu

²⁹³ Der Durchmesser des Mondes beträgt ca ein Viertel des Erddurchmessers. Man staunt, wenn man diese Kugel sieht: Man hat sie sich grösser vorgestellt. Wenn man dann aber ausrechnet, dass das Mondvolumen 64 mal kleiner ist als das Erdvolumen, dann scheint die Mondkugel sehr gross.

sehen sein. Inzwischen ist auch die Schattenlinie, die wir am Morgen angefangen hatten, schön gediehen; immer wieder haben die Schüler und Schülerinnen im Laufe des Tages die Schattenspitze und die Uhrzeit notiert. Wir werden die Schattenlinie am nächsten Morgen gemeinsam auswerten.²⁹⁴

Donnerstag:

Der Morgen beginnt wieder mit einer Stunde individueller Arbeit. Es geht darum, diejenigen Teile, die noch nicht fertig sind, abzuschliessen. Um 10 Uhr sitzen wir dann zusammen um den Tisch mit der Schattenlinie.



Auswerten der Schattenlinie
10.Klasse, Prés d'Orvin 98

Lehrer²⁹⁵: „Wann ist Mittag?“ Rejhan: „Um 12 Uhr.“ Lehrer: „Können wir das aus unserer Linie sehen?“ Rahel: „Ja es ist der kürzeste Schatten.“ Ich bitte Rahel, mit dem Geo-Dreieck den Schatten zu messen. Es erweist sich als schwierig, irgendwann zwischen 13 und 14 Uhr scheint der Schatten am kürzesten. Marc hilft uns weiter: „Mittag ist doch die Mitte des Tages.“ Wir suchen uns also zwei gleich lange Schatten, einen am Morgen und einen am Nachmittag. Mit dem Zirkel finden wir dann die Mitte dazwischen: 13.35. Wie können wir das erklären? Bettina schlägt vor, dass die Sommerzeit eine Stunde der Differenz erklärt. Manuela ist nicht einverstanden: „Die Sonne merkt doch nicht, dass wir die Uhr verstellen, dann kann das doch beim Schatten nichts ändern.“ Bettina: „Doch, wir hätten ja dann andere Zeiten aufgeschrieben, statt 13.00 Uhr würde auf dem Papier 12.00 stehen, wenn wir nicht künstlich die Zeit vorgestellt hätten.“ Manuela: „Ah, ja.“

Eine Stunde ist also erklärt, es bleiben noch 35 Minuten zu erklären. Marcs Idee hilft weiter: Die Sonne erreicht nicht überall gleichzeitig den höchsten Punkt. Kathrin: „Wir richten uns nach Greenwich.“ Lehrer: „Wo liegt Greenwich?“ Kathrin: „In England.“ Lehrer: „Richtig, es ist die Sternwarte von London. Eine Uhr, die sich auf Greenwich bezieht, zeigt GMT = Greenwich Mean Time an. Wir richten uns aber nicht nach Greenwich, wir haben MEZ = Mittel-Europäische Zeit.“

Dass man sich auf Zeitzonen geeinigt hat und nicht jede grössere Ortschaft seine eigene Zeit hat, ist im Zeitalter des raschen Verkehrs sinnvoll. Zürich z.B. müsste gegenüber Bern seine Uhr 4 Minuten vorstellen. Wie sollten da noch Fahrpläne erstellt und Zeitpunkte abgemacht werden, wenn jeder seine eigene Zeit hat?

²⁹⁴ In Golaten haben die Schüler und Schülerinnen als Vorbereitung im Winter eine Schattenlinie eines 1m hohen Stabes auf dem Pausenplatz aufgemalt. Während des Unterrichts im Frühjahr haben wir dann gemeinsam eine zweite Linie aufgezeichnet und dabei den deutlichen Unterschied in der Krümmung sehen können, aber festgestellt, dass der kürzeste Schatten in dieselbe Richtung zeigt!

²⁹⁵ Diese Sequenz stammt aus dem Bericht mit den Seminaristen und Seminaristinnen in Prés d'Orvin 1998 (unveröffentlicht)

Wir nehmen den Atlas zur Hand. Ich erkläre, dass man Zonen so einteilt, dass sie eine Stunde Unterschied aufweisen. Wir überlegen uns: 24 Stunden entsprechen 360 Grad, also muss eine Zone, die eine Stunde umfassen soll, 15 Grad breit sein. Prés d'Orvin liegt auf 7,5 Grad östlicher Länge. Wir sind in der Zone eingeteilt, die nicht bei 0 Grad (Greenwich) ihre Mitte hat, sondern bei 15 Grad. Also für Prag würde die europäische Uhrzeit etwa stimmen. Bei uns, 7,5 Grad westlich von Prag erreicht die Sonne ihren höchsten Stand eine halbe Stunde später. Je weiter wir nach Westen gehen, desto weniger stimmt die Uhr mit dem Sonnenstand überein. In Sevilla (Spanien, 6 Grad westliche Länge), das sich auch nach Mitteleuropäischer Zeit richtet, erreicht die Sonne erst um 14.24 (12 Uhr + 1 Stunde Sommerzeit + 84 Minuten Aufgrund der Differenz von 6 Grad West zu 15 Grad Ost) ihren höchsten Stand.

Damit ist zur einen Stunde Sommerzeit noch eine halbe Stunde aufgrund der Zeitzonen dazugekommen, und unsere Schattenmessung stimmt nun recht gut. Sind die restlichen fünf Minuten mit der Messungenauigkeit zu erklären? Ich erzähle den Schülern und Schülerinnen, dass die Sonne nicht ganz regelmässig läuft - sofort heftige Diskussion: Warum? Und: Die Sonne läuft doch gar nicht! Ich beruhige die Schüler und Schülerinnen „Wenn wir die Sonne regelmässig beobachten, merken wir, dass sie manchmal etwas länger als 24 Stunden braucht, bis sie wieder den höchsten Stand erreicht, manchmal etwas weniger. Ob sich die Sonne oder die Erde bewegt, ist gar nicht wichtig. Die Unregelmässigkeit wird Zeitgleichung genannt und kann in der Formelsammlung nachgeschaut werden. Wir schauen nach, für Mitte August kann man aus der Kurve ablesen, dass die Sonne eine Verspätung von 4 Minuten aufweist, sie sollte also um 13.34 den höchsten Stand erreichen, unsere Messung ist also erstaunlich präzise. An der Sonne lesen wir also unsere Zeit ab, und sie zeigt uns auch die Himmelsrichtungen: Dort, wo der kürzeste Schatten hinzeigt, haben wir in der Nacht den Polarstern gefunden. Ich erzähle den Schülern noch, dass sich Sonne, Mond und Sterne nicht gleich schnell bewegen: Die Sterne sind ca. 4 Minuten schneller als die Sonne. Die Astronomen, die sich mehr an den Sternen als an der Sonne orientieren, arbeiten daher mit Sternzeit. Der Mond dagegen läuft viel langsamer, er verliert pro Tag im Schnitt rund 50 Minuten. Wenn wir auf einer Uhr drei Zeiger anbringen würden, hätten wir eine Himmelsuhr²⁹⁶: Der grosse goldene Zeiger zeigt immer auf die Sonne und läuft einmal in 24 Stunden rund herum. Sein Umlauf zeigt uns an, dass ein Tag vergangen ist. Der Mondzeiger hat jeden Tag 50 Minuten Verspätung. Wenn ihn der Sonnenzeiger überrundet, ist ein Monat vergangen. Der Sternzeiger läuft ein bisschen schneller als der Sonnenzeiger. Wenn er den Sonnenzeiger überrundet, ist ein Jahr vergangen.

Donnerstag Nachmittag:

Nach der individuellen Arbeit, für die wiederum eine Stunde vorgesehen war, treffen wir uns um 15 Uhr beim Beobachtungsplatz. Ich habe ein Modell mitgebracht: eine grosse Glaskugel, in deren Mitte ein kleiner Globus zu sehen ist²⁹⁷. Der Glasstab, an dem der Globus befestigt ist, ist gleichzeitig die Erdachse. Lehrer: „Die Griechen dachten, dass die Sterne an einer Glaskugel, die sich um die Erde dreht, befestigt sind. Wir wollen nun versuchen, die Sternbilder, die wir kennen, auf der Glaskugel aufzumalen.“ Schüler: „Der Polarstern steht über dem Nordpol“ Wir richten die Achse so, dass sie auf den Polarstern zeigt, einige Schüler erinnern sich

²⁹⁶ vgl. Hans Christoph Berg: Suchlinien, S.78 ff

²⁹⁷ Durchmesser der Glaskugel (Rundkolben aus der Chemie): 17 cm, Durchmesser des Globus: 4 cm (von einem Bleistiftspitzer)

noch, über welcher Tanne er stand. Als nächstes wollen wir den grossen Bären zeichnen. Die Aufgabe ist nicht einfach, denn derjenige Schüler, der das Sternbild mit dem wasserfesten Stift auf die Glaskugel zeichnet, hat das Sternbild ja im Rücken. Ein zweiter Schüler muss also von unten durch die Glaskugel blicken und dem andern die Anweisung geben, wie das Sternbild gezeichnet werden soll. Dann zeichnen wir Cassiopeja, usw. Die Arbeit läuft sehr gut, es wird lebhaft diskutiert, gelegentlich muss auch ein Sternbild weggewischt und neu gezeichnet werden. Nach einer halben Stunde sind die wichtigsten Sternbilder (Cassiopeja, der grosse Bär, der Adler, Schwan, ..) eingezeichnet. Ich ergänze den Orion, den wir nicht gesehen haben, den einige Schüler und Schülerinnen aber als herrliches Wintersternbild kennen: Er liegt gerade dem Adler gegenüber. Wenn also der Adler am Morgen untergeht, dann steigt der Orion im Osten über den Horizont.



Die Sterne sind auf der Glaskugel aufgezeichnet, und ich ergänze nun noch den Himmelsäquator, dh. die Projektion des Äquators vom Globus auf die Glaskugel, und die Ekliptik, dh. die Ebene, in der die Sternbilder des Tierkreises liegen. Ich zeichne auch noch die Sonne, die zur Zeit im Löwen steht (etwas rechts von Regulus), und nun können wir die Glaskugel drehen und im Modell sehen, wie die Sonne aufgeht und ihren Bogen am Himmel macht. Wenn die Sonne am Abend untergeht, dann steht der Adler schon im Südosten und wird dann in der Dämmerung langsam sichtbar. Und wenn der Adler kurz vor Mitternacht bei uns im Süden zu sehen ist, dann steht er, weil er auf dem Himmelsäquator liegt, senkrecht über Kenja, und in New York ist er zu dieser Zeit im Osten aufgegangen, allerdings noch nicht sichtbar, weil die Sonne erst am Untergehen ist. Damit haben wir den Bezug zwischen Erde („die Erde ist rund“ und „die Bücher-Weltkarte“) und der Himmelskugel (Beobachtung der Sternbilder, Sternkarte) geschaffen.

Am Abend sehen wir uns noch einmal den Nachthimmel an. Wir suchen die Sternbilder, üben den Gebrauch der Sternkarte, und zwei Schülerinnen haben noch je eine griechische Sage zum Erzählen vorbereitet. Eine Stunde sind wir draussen, geniessen den herrlichen Blick und freuen uns, dass wir nun mit den Sternbildern etwas vertraut sind. Und wir prüfen auch: Steht der Polarstern in der Richtung, die uns der kürzeste Schatten gewiesen hat?

Freitag:

Nach der üblichen Stunde individueller Arbeit, in der es darum ging, das in dieser Woche entstandene Heft abzuschliessen, treffen wir uns im verfinsterten Zimmer. Mit einem Diavortrag gebe ich den Schülern und Schülerinnen einen Einblick in

die Geschichte der Astronomie. Mit 60 Dias illustriere ich, wie Kopernikus das von uns in dieser Woche erarbeitete geozentrische Weltbild umstürzte, wie Galilei, der als erster ein Fernrohr zur Himmelsbeobachtung verwendete, mit seinen Beobachtungen das heliozentrische Weltbild stützte, ich zeige Bilder der Messier-Objekte und beschreibe, dass sich diese nebligen Flecke als unterschiedliche Objekte erwiesen: Gasnebel, offene Sternhaufen, Kugelsternhaufen, explodierende Sterne und ferne Galaxien. Und ich erzähle auch, wie man sich heute die Entstehung des Weltalls vorstellt: die Theorie des Urknalls, von Hubble 1929 aus der Beobachtung von Galaxien entwickelt und durch viele Beobachtungen, z.B. die 1965 entdeckte Hintergrundstrahlung, bestätigt. Als Abschluss zeige ich Bilder des Hubble-Space-Teleskops. Die Schüler und Schülerinnen hören gebannt zu, stellen Fragen, und so vergehen die zwei Stunden bis zum Mittag im Flug.

Es ist Zeit zusammenzupacken. Bevor wir uns auf den Heimweg machen, werfen wir einen letzten Blick auf die wunderbare Landschaft des Juras, von wo aus wir den Blick auf den Himmel gerichtet haben. Aus vielen Rückmeldungen kann ich schliessen, dass die Himmelskundewoche den Schülern und Schülerinnen gefallen hat. Und ich hoffe natürlich, dass sie nun den Nachthimmel bewusster wahrnehmen, dass sie bei Gelegenheit wieder versuchen werden, die gelernten Sternbilder zu erkennen und vielleicht im Winter, mit Hilfe ihrer Sternkarte, auch neue zu entdecken.

4.2.3. Die realen Inszenierungen in Kurzfassungen und im Überblick

4.2.3.1. Daniel Ahrens und Ueli Aeschlimann mit einer 7.Klasse an der Ecole d'Humanité, Mai 1990

Samstagmorgen: Wir stehen draussen, die Sonne scheint. „Wie spät ist es?“ fragt Daniel Ahrens. „Halb zwölf“ antwortet Sebi. Daniel Ahrens schaut auf die Sonne und sagt dann: „Das kann nicht sein“. Was hat die Sonne mit der Zeit zu tun? Wie läuft die Sonne über den Himmel? Ein Ast wird in die Wiese gerammt. Können wir an seinem Schatten die Zeit ablesen? Tamer vermutet, dass der Schatten um zwölf Uhr am kürzesten ist. Im Laufe des Sonntags soll der Verlauf des Schattens aufgezeichnet werden, um das zu prüfen.

Sonntag: Ein sonniger Tag ermöglicht eine gute Aufzeichnung des Schattens, allerdings hatten wir gehofft, dass sich mehr als nur ein Schüler an der Beobachtung beteiligen würde.

Montag: Die Schattenlinie zeigt: Um zwanzig nach eins ist der Schatten am kürzesten. Nach einiger Diskussion wird eine Stunde der Sommerzeit zugeschrieben. Aber was ist mit den restlichen zwanzig Minuten? Ein Messfehler? Nein, mehr als 5 Minuten sind nicht realistisch. Eine neue Idee taucht auf: Man muss zwei gleich lange Schatten suchen - einen am Vormittag und einen am Nachmittag - und dann die Mitte konstruieren. Die Überraschung: Wir kommen wieder auf zwanzig nach eins! Ist Mittag nicht um zwölf Uhr?

Dienstagmorgen: Die Schattenlinie ist eine Sonnenuhr, am Mittag zeigt der Schatten genau nach Norden. Warum die Sonnenuhr nicht mit der Armbanduhr übereinstimmt, bleibt aber immer noch unklar. Daniel Ahrens legt nun eine 24-Stunden-Uhr in die Mitte der Windrose. Ihr kleiner Zeiger braucht 24 Stunden für eine Umdrehung, soviel wie auch die Sonne braucht. Kaspar: „Die kann man ja als Kompass verwenden.“ Daniel Ahrens lüftet nun auch das Geheimnis der zwanzig Minuten, indem er den Unterschied von Ortszeit und Mitteleuropäischer Zeit erklärt.

Dienstagabend: Um 22 Uhr treffen wir uns zur Sternbeobachtung. Jeder sucht sich seinen Lieblingsstern aus, bevor wir zu einer kleinen Wanderung aufbrechen. Daniel Ahrens zeigt die verschiedenen Sternbilder und erzählt die griechischen Sagen. Nach zwei Stunden sind wir wieder am Ausgangspunkt. Die Schüler und Schülerinnen suchen nochmals ihren Lieblingsstern und stellen dabei fest, dass sich die Sterne bewegt haben. Bastiaan hatte sich einen Stern nahe am Westhorizont ausgesucht: „Mein Stern ist verschwunden!“.

Mittwochmorgen: Daniel Ahrens hat auf einem grossen Blatt Papier eine Windrose gezeichnet. Wo stand die Sonne gestern abend um 22 Uhr? Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, diese Frage richtig zu beantworten und die Sonne auf dem Papier einzuzichnen. Nun werden auch die Sternbilder eingezeichnet: Die Zwillinge standen im Westen, der Skorpion im Osten. Nach und nach füllt sich das Blatt. Wo stand die Sonne, als wir gegen Mitternacht zurückkehrten? Sie ist zwei Stunden weitergewandert. Was ist mit den Sternbildern passiert? Die Diskussion führt in dieser Stunde nicht zu einer Klärung.

Donnerstagmorgen: Die Sterne bewegen sich, das hatten wir beobachtet. Aber wie bewegen sie sich? Alle Schüler und Schülerinnen zeichnen die Bewegung ihres Lieblingssterns mit einem Pfeil an die Tafel. Dabei stellt sich heraus: Die Sterne gehen ebenso wie die Sonne im Osten auf und im Westen unter. Wie kann man diese Bewegung auf unserem Papier darstellen? Kaspar: „Man muss zwei Scheiben nehmen, die man gegeneinander drehen kann.“ Eine feststehende Scheibe mit dem Horizont von Goldern, eine zweite Scheibe für die Sternbilder, die sich in 24 Stunden über die erste hinwegdreht. Daniel Ahrens bittet die Schüler und

Schülerinnen, diese zwei Scheiben am Nachmittag zu basteln. Am Abend wollen wir uns dann zu einer zweiten Sternbeobachtung treffen.

Donnerstagabend: Beim Einbruch der Dämmerung treffen wir uns mit den selber gebastelten Horizont-Sternkarten. „Wo werden bald die Zwillinge erscheinen?“ fragt Daniel Ahrens. Geschäftiges Drehen an den Scheiben, bald werden wir sehen, ob unsere Einstellungen stimmen. Die Behauptung, alles drehe sich um den Polarstern, war im Unterricht schon gefallen. Wir wollen nun prüfen, ob das stimmt. Daniel Ahrens erklärt, wie man den Polarstern findet. „Wie müsste sich der grosse Wagen nun bewegen, wenn die Behauptung stimmt?“ Seine Position und die des Polarsterns werden angepeilt. Ein kleiner Spaziergang überbrückt die Wartezeit. Wieder erzählt Daniel Ahrens Sternsagen, und wir beobachten, wie der helle Jupiter am Westhorizont untergeht. Dass sich die Sichel des Mondes nicht mehr beim Kopf des Löwen befindet wie vor zwei Tagen und dass sie auch nicht mehr so schlank ist, fällt keinem auf, Daniel Ahrens muss darauf aufmerksam machen. Bei unserer Rückkehr stellen wir fest, dass sich der Polarstern tatsächlich nicht von der Stelle bewegt hat, während der grosse Bär ein kleines Stück der prophezeiten Drehung um den Polarstern zurückgelegt hat.

Freitagmorgen: Daniel Ahrens hat auf der Innenseite seines Regenschirms die Sternbilder aufgemalt. Hält man die Achse in Richtung Polarstern, so kann man sehr schön die beobachtete Drehung der Sternbilder erkennen. Kaspar erkennt: „Der Polarstern ist also auch am Tag fest an der Stelle, wo wir ihn nachts gesehen haben.“ Dann verteilt Daniel Ahrens allen Schülern und Schülerinnen eine drehbare Kosmos-Sternkarte. Er erklärt die Unterschiede zur selber gebastelten Karte und erklärt, wie man die Sternkarte einstellen muss. Sonne und Mond sind auf dieser Karte nicht eingezeichnet, weil sie sich im Lauf des Jahres durch die Sternbilder des Tierkreises bewegen; damit wird auch der Bezug zum Horoskop klar. Fleissig wird an den Karten gedreht, und Steffi erkennt jetzt auch, warum sie das bekannte Sternbild Orion am Abend nicht finden konnte.

Freitagnachmittag: Das langsame Vorangehen hat sich gelohnt, denn die Schüler und Schülerinnen haben die Bewegungen von Sonne und Sternen am Himmel begriffen und den Aufbau der Sternkarte verstanden. In dieser letzten Stunde erzählt Daniel Ahrens nun von den Anfängen der Astronomie in der Steinzeit bis zu den neusten Erkenntnissen - schwarzen Löchern und Supernova. Gespannt hören die Schüler und Schülerinnen zu, „mit leuchtenden Augen, aber eben Augen, die auch beim Blick in den nächtlichen Himmel und beim Erzählen der Sagen geleuchtet hatten.“

Kommentar:

- 1990 war die Komponente Erde (Weltkarte und Globus) im Aufbau des Kurses noch nicht vorgesehen. Der Mond (Veränderung der Phase und Bewegung relativ zu den Sternbildern) wurde beobachtet, aber im Unterricht nicht thematisiert. Auch das Zeichnen der Sternbilder auf die Glaskugel wurde in diesem Kurs nicht gemacht.
- Der Kurs fand bei strahlendem Wetter statt. Damit konnten die Beobachtungen (Schattenlinie und zwei Beobachtungen am Nachthimmel) wie geplant durchgeführt werden. Pro Tag stand eine Unterrichtsstunde zur Verfügung. Zusätzlich kamen die beiden Nachtbeobachtungen und eine zusätzliche Stunde am Freitagnachmittag dazu, so dass der Kurs insgesamt 10 Stunden umfasste.

- In seinem Kommentar²⁹⁸ hebt Gunter Otto die ästhetische Qualität sowohl des Himmelskunde-Unterrichts als auch des Berichts hervor. Er schreibt: „Die notwendig zu fordernde Exaktheit der Beobachtungen wird durch die Atmosphäre, in der der Himmel zum Problem wird, der Blick zu den Sternen geht, gebrochen, und die Konfrontation der Poesie mit der messbaren Welt und der Messdaten mit der Alltagserfahrung schafft jene produktive Irritation, die vor der Verabsolutierung sowohl des wissenschaftlichen wie des ästhetischen Hinblicks bewahrt.“

4.2.3.2. Hans Christoph Berg, Ueli Aeschlimann und Astrid Eichenberger in der Lehrer- und Lehrerinnenfortbildung, Langenbruck, August 1995

Wir treffen uns am Mittwoch am späten Nachmittag in Langenbruck im Schweizer Jura, zwischen Basel und dem Mittelland. Der Zeitpunkt scheint ungewöhnlich: Warum beginnt ein Kurs am späten Nachmittag und erst noch mitten in den Ferien? Die Antwort lautet: Wir wollen den Kurs mit der Beobachtungen der Sterne beginnen. Auf dieser Beobachtung soll der Kurs am nächsten Morgen aufbauen. Zudem ist der Mond wichtig: Ein Vollmond, der während der ganzen Nacht hell leuchtet, ist für das Beobachten der Sterne hinderlich. Andererseits wollen wir die Bewegung des Mondes verfolgen, und deshalb legten wir den Kurs so, dass der zunehmende Halbmond in die Mitte des Kurses fällt.

Als erstes gibt Hans Christoph Berg einen Überblick über den geplanten Verlauf des Kurses. Im Zentrum steht das Selber-Schauen und das Nachdenken über elementare Grundlagen der Himmelskunde.

Nach dem Nachtessen machen wir uns dann auf den Weg zu unserem Beobachtungspunkt. Er liegt etwa 2 km vom Hotel entfernt auf einer Anhöhe mit gutem Ausblick. Die Dämmerung hat schon begonnen, als wir dort eintreffen, aber es ist noch hell genug, um sich geographisch zu orientieren. Die Sichel des zunehmenden Mondes steht im Westen, direkt neben Spica, im Süden leuchtet Jupiter. Dann tauchen die ersten Sterne auf: das Sommerdreieck mit Vega, Deneb und Atair hoch über uns, Arktur im Süd-Westen. Mit der Zeit sehen wir dann die ganzen Sternbilder: den grossen Wagen, den Schwan usw. Eine volle Stunde geniessen wir den herrlichen Himmelsanblick und stellen dabei auch schon fest, wie sich der Mond und die Sterne am Himmel weiterbewegen. Danach wandern wir zum Hotel zurück. Vor dem Hotel werfen wir einen letzten Blick auf die Sterne, von hier aus wollen wir nach einigen Stunden Schlaf den Morgenhimmel studieren.

Um 4 Uhr stehen wir wieder auf, etwas verschlafen nach der kurzen Nachtruhe, aber gespannt, wie der Himmel jetzt aussieht. Der grosse Bär ist gegen den Nordhorizont heruntergewandert, dafür steht jetzt Cassiopeja fast senkrecht über uns. Der Schwan fliegt gegen Süd-Westen, während im Osten Capella im Fuhrmann und Aldebaran im Stier aufgegangen sind. Ein ausführliches Studium des Morgenhimmels ist für den nächsten Morgen vorgesehen, und so legen wir uns bald wieder schlafen.

Nach dem Morgenessen versammeln wir uns um einen im Freien aufgestellten Tisch. Auf einem grossen Papier habe ich einen Nagel aufgebaut, und wir wollen im Laufe des Tages immer wieder den Schatten markieren und die Uhrzeit dazuschreiben. Im Kurslokal stellt dann Christoph Berg die Frage: „Wie hat man auf der Erde ein Gradnetz gelegt? Kann man dieses Gradnetz mit dem Himmel in Verbin-

²⁹⁸Gunter Otto: Über Lehre, Kunst und Lehrkunst; In: Berg/Schulze: Lehrkunstwerkstatt II; S.325-340, insbesondere S.338-339

„dung bringen?“ Nach anfänglicher Ratlosigkeit - zu sehr sind uns die Längen- und Breitengrade selbstverständlich geworden - finden wir heraus, dass die Pole eine wichtige Rolle spielen. Den Nordpol können wir mit dem Polarstern finden. Der Aequator dagegen ist eine Linie, die am Himmel nicht so leicht abgelesen werden kann, es ist ja nur bei Tag- und Nachtgleiche so, dass die Sonne senkrecht über dem Aequator steht. Und die Längengrade? 0 Grad liegt bei Greenwich, aber das ist eine willkürlich Festlegung. Die Längengrade können nicht am Himmel abgelesen werden, was für die Schifffahrt lange ein grosses Problem darstellte.²⁹⁹

Am Nachmittag wandern wir auf Breitenhöchi. Unterwegs, am Südfuss eines Hügels stelle ich die Frage, wo denn jetzt der Mond sei. Teilnehmer: „Gestern Abend war er im Westen, also müsste er jetzt etwa im Süden sein. Er ist hinter dem Hügel.“ Einige Teilnehmer und Teilnehmerinnen schliessen sich seiner Meinung an, andere sind unsicher. Grosse Freude dann, als beim Weiterwandern der Mond hinter dem Hügel sichtbar wird. Auf Breitenhöchi zeichnen wir bei herrlichem Sonnenschein den Horizont. Nach einer Stunde wandern wir zurück und treffen uns vor dem Nachessen nochmals am Tisch mit der Schattenmessung. „Wo ist der kürzeste Schatten?“ „Am Mittag.“ Das ist eine Behauptung, und wir versuchen nun, den kürzesten Schatten in der Zeichnung zu finden. Zu unserer Überraschung finden wir ihn um halb zwei Uhr. Die Messung ist nicht einfach, und ein Teilnehmer schlägt vor, am Vormittag und am Nachmittag zwei gleich lange Schatten zu suchen und dann die Mitte dazwischen zu konstruieren. Wir kommen mit dieser Methode auf 13.37. Warum nicht 12 Uhr? Eine Stunde ist rasch erklärt: Es ist die Sommerzeit. Bald taucht dann auch die Idee auf, dass die Erde in Zeitzonen aufgeteilt ist. Hilft uns das? Ja, wir liegen am Rand einer Zone, und damit ist wieder eine halbe Stunde erklärt. Die Zeitgleichung, die die restlichen Minuten erklären würde, besprechen wir nicht. Mit einer langen Holzlatte markieren wir noch die Richtung des kürzesten Schattens, damit wir in der Nacht prüfen können, ob dieser Schatten nach Norden, dh. zum Polarstern, zeigt.

Nach dem Nachessen stehen griechische Tänze auf dem Programm. Die Verbindung zur Sternkunde liegt auf der Hand: Griechische Götter und Sternsagen. Danach wenden wir uns wieder dem Himmel zu, ein kurzer Blick nur, denn vor der Morgenbeobachtung wollen wir doch noch etwas Schlaf geniessen. Um 3.30 stehen wir auf und wandern zu unserem Beobachtungspunkt, wo wir einen wunderbaren Blick auf den Morgenhimmel haben. Zu den schon erwähnten Sternbildern des Stiers und des Fuhrmanns kommt in der Morgendämmerung am Osthorizont noch der Orion dazu. Zwei Stunden sind wir unterwegs, und es ist schon hell, als wir zum Hotel zurückkehren und uns nochmals schlafen legen. Das Frühstück ist wegen unserer nächtlichen Beobachtung etwas später angesetzt, und so bleiben bis zum Mittag noch anderthalb Stunden, um die Sternbilder auf der Glaskugel aufzuzeichnen.

Am Nachmittag erstellen wir eine „Landkarte der Sterne“, indem wir die beobachteten Sternbilder in unsere Horizontzeichnungen eintragen: zuerst gemeinsam, auf einem grossen Papier, dann jeder in seine eigene Horizontzeichnung. Diese Horizont-Sternkarte gilt aber nur für 11 Uhr abends. Wie können wir der beobachteten Bewegung der Sterne Rechnung tragen? Die Idee ist schnell gefunden: Wir

²⁹⁹ Der Längengrad kann aus der Stellung von Sonne und Sternen ermittelt werden, wenn man über eine exakt laufende Uhr verfügt. John Harrison war der erste, der eine Uhr bauen konnte, die auch auf Schifffreisen hinreichend genau lief; siehe dazu: Dava Sobel: Längengrad. Heute erfolgt die Positionbestimmung mit GPS-Satelliten.

zeichnen die Sternbilder auf eine Folie, die sich dann gegenüber dem festen Horizont drehen lässt. Wir finden auch leicht heraus, dass der Drehpunkt nicht in der Mitte der Karte liegt sondern beim Polarstern, auf unserer Karte etwa in der Mitte zwischen Mittelpunkt (Zenit) und dem Horizont im Norden.

Nach dem Nachtessen und den griechischen Tänzen, die uns heute schon leichter fallen, wandern wir wieder zu unserem Beobachtungspunkt. Neben dem Wiedersehen mit den Sternbildern geht es vor allem um die Frage: Wie hat sich der Mond bewegt? Wir sehen, dass er weit hinter Spica zurückgeblieben ist, dass er sich also deutlich langsamer bewegt als die Sterne.

Am Samstagmorgen hat Hans Christoph Berg eine Weltkarte auf den Boden gelegt. Er hat eine grosse Tasche voll Bücher, vor allem Kinderbücher, und er breitet sie nun um die Weltkarte herum aus. Zwei Bände von Sven Hedins „Von Pol zu Pol“ werden bei den beiden Polen hingelegt, „Die Reise des Nils Holgerson“ kommt nach Schweden, „Lederstrumpf“ nach Amerika usw. Die Weltkarte wird in diesen Texten lebendig. Nach einer kurzen Pause liest Hans Christoph Berg seinen Text „Mit Adler und Orion um die Welt“ vor. Wenn wir den Adler im Süden sehen, wer sieht ihn senkrecht über sich? Und wer sieht den Orion über sich? Wer sieht ihn aufgehen? Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen erhalten eine Kopie des Textes, um sich in Ruhe nochmals damit auseinandersetzen zu können.

Für den Nachmittag habe ich auf einem grossen Papier die Sterne aufgezeichnet. Wir zeichnen die uns bekannten Sternbilder ein und markieren auch den Ausschnitt des Sternenhimmels, den wir am Abend gesehen haben. Am Morgen haben wir einen andern Ausschnitt gesehen, der Himmel hat sich weitergedreht. Auf einer Sternkarte kann man diese Drehung simulieren. Der Unterschied besteht nur darin, dass die Sterne festgehalten werden und nicht der Horizont. Warum das so gemacht wird, ist eigentlich nicht zu verstehen. Ich erkläre, wie die Sternkarte eingestellt wird. Dann trägt jeder Teilnehmer und jede Teilnehmerin auf einem kopierten Blatt die Sternbilder ein, klebt das Blatt auf einen Karton und befestigt eine Folie mit dem ellipsenförmigen Horizont darauf.

Im zweiten Teil des Nachmittags zeige ich in einer Diaserie mit 50 Bildern den Weg der Astronomie von den Griechen bis zur heutigen Kosmologie.

Griechische Tänze und eine kurze Sternbeobachtung runden den Samstag ab. Für den Sonntagmorgen planen wir, uns auf einem nahegelegenen Aussichtspunkt den Sonnenaufgang anzusehen. Wir versprechen, die Teilnehmer um 4.30 zu wecken. Kurz nach vier Uhr stehen Hans Christoph Berg, Astrid Eichenberger und ich am Fenster: Die Sicht ist nicht besonders gut, sollen wir gehen oder nicht? Der Entscheid fällt uns nicht leicht, aber schlussendlich scheint uns das Wetter zu unsicher, und wir beschliessen, auf den Sonnenaufgang zu verzichten. Wir legen uns deshalb wieder schlafen. Ich höre dann noch ein Auto wegfahren. Offenbar sind einige Teilnehmer und Teilnehmerinnen zuversichtlicher als wir. Beim Morgenessen kommt dann heraus, dass alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen beim Sonnenaufgang waren, nur die Kursleiter nicht. Meine Frage vom Mittwoch: „Hier ist der Mond, wo ist die Sonne?“ wandelt Willi Rudin um in „Hier ist die Sonne, wo sind die Kursleiter?“ Nach dem Frühstück fassen wir zusammen, was wir in diesen drei Tagen und Nächten gelernt haben: Das Modell mit der Glaskugel vermittelt den Zusammenhang zwischen der Sternkarte und dem Globus. Ausgehend von der 24-Stunden-Uhr, deren grosser Zeiger immer auf die Sonne zeigt, stellen wir fest, dass eine Himmels-Uhr noch zwei weitere Zeiger haben sollte: einen, der in 23 Stunden und 56 Minuten umläuft und immer auf die Sterne

gerichtet ist, und einen weiteren, der in 24 Stunden und 51 Minuten umläuft und immer auf den Mond zeigt. Diese drei Zeiger vertreten Tag, Jahr und Monat.

Kommentar:

- Dank ausgezeichneten Wetters konnten wir ausgiebig beobachten. Wir hatten mit dem Wetter ausgesprochen Glück, denn als wir uns am Sonntagmittag verabschiedeten, regnete es.
- In diesem Kurs haben wir erstmals die Komponente „Erde“ eingeführt, allerdings nur den Teil mit der Weltkarte und noch nicht den Teil mit der Frage: Warum weiss man, dass die Erde eine Kugel ist?

4.2.3.3. Ueli Aeschlimann mit einer 10.Klasse des Lehrerseminars Bern, Studienwoche in Prés d'Orvin 1996

Montag, 1.Juli: Als wir am Montagnachmittag mit dem Unterricht beginnen, regnet es draussen in Strömen. Ich lese den Text von Peter Bichsel vor. Woher wissen wir, dass die Erde eine Kugel ist? Erwin: „Das kann man auf Satellitenbildern sehen.“ Lehrer: „Das ist richtig, aber man wusste ja schon viel länger, dass die Erde eine Kugel ist.“ Simone: „Galilei hat das bewiesen.“ Lehrer: „Nein, das wusste man schon vorher. Galilei hat bewiesen, dass sie sich dreht und um die Sonne bewegt.“ Simone: „Ah ja, er sagte: und sie bewegt sich doch!“ Christoph: „Man sieht, dass ein Schiff, das ins Meer hinausfährt, langsam im Meer verschwindet.“ Wir besprechen dann, wie Eratosthenes den Umfang der Erde bestimmt hat. Dann erzähle ich den Schülern und Schülerinnen von der abenteuerlichen Fahrt Magellans. Nach mühevoller Suche fand er endlich den Durchgang vom Atlantik zum Pazifik. An dieser Stelle drehe ich den Globus um, auf dem wir Magellans Reise entlang der Küste von Südamerika verfolgt haben: Ein riesiger Ozean taucht auf. Drei Jahre dauert das Abenteuer der Weltumsegelung. „Und endlich ein silberner Streifen, der Guadalquivir, der bei San Lucar de Barrameda ins Meer einmündet. Hier sind sie vor drei Jahren unter Magellans Führung, fünf Schiffe und zweihundertfünfundsechzig Mann, ausgefahren. Und nun steuert ein einziges kleines Schiff heran, wirft Anker, und achtzehn Mann taumeln heraus, fallen ungelentk in die Knie und küssen die harte, die gute, die feste heimische Erde.“³⁰⁰ Fast zwei Stunden haben wir intensiv gearbeitet, höchste Zeit für eine Pause. Anschliessend haben die Schüler und Schülerinnen Zeit, das Besprochene in ihren Heften festzuhalten.

Nach dem Nachtessen treffen wir uns nochmals zum Arbeiten. Eine Beobachtung der Sterne ist nicht möglich, noch immer regnet es. Ich entschliesse mich deshalb, ein Thema einzufügen: Das Fernrohr. Ich erkläre den Aufbau: Mit einer ersten Linse (Objektiv) erzeugen wir ein kleines, auf dem Kopf stehendes Bild des Gegenstandes. Mit einer zweiten Linse (Okular), die als Lupe wirkt, vergrössern wir dieses Bild. Dann zeige ich den Schülern und Schülerinnen mit Dias die Entwicklung von Galileis Fernrohr bis zum Hubble-Space-Telescope.

Um halb elf Uhr werfe ich noch einen Blick auf den Himmel. Wie durch ein Wunder gibt es zwischen dunklen Wolken ein Fenster, durch das der fast volle Mond und Jupiter zu sehen sind. Rasch stellen wir das Fernrohr auf und betrachten die Krater auf dem Mond und die Monde des Jupiters.

³⁰⁰Stefan Zweig: Magellan, S.264

Dienstag, 2.Juli: Um halb zehn Uhr beginnen wir mit dem Unterricht. Ich habe eine grosse Weltkarte ausgebreitet, und die Schüler und Schülerinnen haben alle ein Buch mitgebracht, das zu einem fremden Land gehört. Wir legen die Bücher zu den entsprechenden Ländern, und alle stellen ihr Buch kurz vor. Danach haben die Schüler und Schülerinnen wieder Zeit, ihre Hefte nachzuführen.

Da das Wetter immer noch schlecht ist, die Prognose aber hoffen lässt, dass wir doch noch Sonne und Sterne sehen werden, entschliesse ich mich, mit den Akten „Sterne“ und „Sonne“ noch zuzuwarten. Ich füge deshalb am Dienstagnachmittag und -abend zwei weitere astronomische Themen ausserhalb des Lehrstück in den Kurs ein.

An der Wand ist eine lange Reihe von A4-Blättern angebracht, für jedes Jahrhundert ein Blatt, von 600 v.Chr. bis heute. Mit einigen markanten Ereignissen wollen wir uns einen ganz groben Überblick über die Weltgeschichte verschaffen und dann im Laufe der Woche die Entwicklung der Astronomie in dieses Schema eintragen. Schon bald fällt auf, dass wir über die Zeit von Christi Geburt bis etwa 1500 nur sehr wenig wissen. In dieser Zeit, das werden wir später sehen, hat auch die Astronomie keine Fortschritte gemacht. Wir benötigen etwa eine Stunde, um die wichtigsten geschichtlichen Daten einzutragen. Der Rest des Nachmittags steht für freie Arbeit zur Verfügung.

Nach dem Nachtessen treffen wir uns nochmals zum Arbeiten. Am Vorabend haben wir den Jupiter mit seinen Monden beobachtet. Ich bin zuversichtlich, dass wir im Lauf der Woche auch noch Saturn und Venus sehen werden. Ich habe mich deshalb entschlossen, einen Diavortrag zu den Planeten zu halten.

Als ich vor dem Schlafengehen am Dienstagabend noch einen Blick auf den Himmel werfe, sehe ich einige Löcher in der Wolkendecke. Ich stelle deshalb den Wecker auf halb vier Uhr. Und tatsächlich, als ich um diese Zeit vor das Haus trete, ist der ganze Sternenhimmel zu sehen. Ich stelle rasch das Fernrohr auf, denn Saturn leuchtet sehr schön, und wecke dann die Schüler und Schülerinnen. Verschlafen kommen sie nach und nach aus dem Haus, staunen über den unerwarteten Anblick des Sternenhimmels und sind begeistert von Saturn, dessen Ring im Fernrohr deutlich zu sehen ist. Wir begeben uns dann etwa fünfzig Meter hinter das Haus, wo man einen recht guten Rundblick hat, obwohl der Horizont durch Bäume im Osten und Westen etwas verdeckt ist. Eine Schülerin erkennt den grossen Bären, der im Nordwesten ganz knapp über den Bäumen steht. Ich erkläre, wie man vom Bären den Polarstern findet. Wir gehen dann weiter zu Cassiopeja, Andromeda, Perseus und Pegasus. Ich erzähle die Sage dazu. Dann wenden wir uns dem Sommerdreieck zu, das hoch über uns zu sehen ist: Schwan, Adler und Leier. Wir entdecken dort auch den Delphin. Erwin hat die Sage gelesen und erzählt sie uns. Im Osten erwarte ich Venus, lasse mich aber zuerst durch Capella täuschen. Die Bäume sind in dieser Himmelsrichtung offenbar zu hoch. Wir wechseln deshalb den Standort und werden durch einen wunderbaren Blick auf die Planeten belohnt: Im Osten steht die hell strahlende Venus, deren Sichelform im Fernrohr deutlich zu sehen ist. Im Süden steht Saturn und im Westen ist Jupiter kurz vor dem Untergehen. Es ist inzwischen schon nach fünf Uhr, der Morgen beginnt zu dämmern, und wir legen uns nochmals schlafen.

Mittwoch, 3.Juli: Nach dem Frühstück, das wir wegen der nächtlichen Beobachtung erst um 9.30 Uhr zu uns nehmen, versammeln wir uns vor dem Haus. Wir freuen uns alle über das wunderbare Wetter. Auf einem Tisch habe ich ein grosses Blatt befestigt und einen senkrecht stehenden Nagel aufgestellt. Ich zeige, wie wir im Laufe des Tages immer wieder die Spitze des Schattens, mit der entsprechenden Uhrzeit versehen, markieren wollen. Die ersten Messpunkte habe ich schon ein-

gezeichnet, jetzt sollen die Schüler und Schülerinnen diese Aufgabe übernehmen. Mit Farbstiften ausgerüstet begeben wir uns dann zu unserem nächtlichen Beobachtungsplatz, wo wir unseren Horizont zeichnen wollen. Während die Schüler und Schülerinnen mit grosser Sorgfalt ihre Zeichnungen gestalten, den Kreis dann ausschneiden und auf Karton kleben, übertrage ich meinen Horizont auf ein grosses Blatt Papier. Als wir uns wieder treffen, bitte ich die Schüler und Schülerinnen, mir zu helfen, die am Morgenhimmel entdeckten Sternbilder in diese „Landschaft“ einzutragen. Wir halten das Blatt zuerst senkrecht, Nordwesten gegen unten, und zeichnen den grossen Bären ein. „Im Norden muss der Polarstern stehen, etwa in der Mitte zwischen Horizont und Zenit.“ „Senkrecht über uns war das Sommerdreieck“. Das Blatt wird hoch über die Köpfe gehalten, und ein Schüler zeichnet, sorgfältig beobachtet und unterstützt von den andern, Schwan, Adler und Leier ein. Wir zeichnen noch Cassiopeja und auch die Planeten Venus, Saturn und Jupiter ein. Ich bitte die Schüler und Schülerinnen dann, vor dem Mittagessen die Sternbilder noch in ihre persönliche Horizontkarte einzutragen. Die Schüler und Schülerinnen protestieren: „Warum sollen wir die Sterne in die Karte eintragen, sie bewegen sich ja?“ „Die Zeichnung würde ja nur für heute morgen, etwa halb fünf gelten!“ Ich beruhige: „Dieses Problem werden wir nach dem Mittagessen lösen.“ Die Schüler und Schülerinnen finden die Lösung während der Mittagspause selber: Der Horizont muss fest bleiben, während die Zeichnung mit den Sternbildern drehbar sein muss. Auch der Drehpunkt ist schon klar: der Polarstern. Wir zeichnen die Sternbilder also auf ein Stück Klarsichtfolie und befestigen diese mit einer Reisszwecke, die durch den Polarstern gesteckt wird, am Karton.

Auf einem grossen Stück Papier habe ich alle Sterne eingezeichnet. Wir versammeln uns vor dieser Zeichnung. Wer kann ein Sternbild finden? Eine schwierige Aufgabe, denn das Bild ist noch ganz unübersichtlich. Manuela findet den grossen Bären, dessen Sterne wir mit Strichen verbinden, und von dessen Hinterseite gelangen wir zum Polarstern. Erwin: „Dann muss Cassiopeja auf der andern Seite sein.“ Wir verbinden auch diese Sterne miteinander. Schritt für Schritt kommen wir gemeinsam vorwärts, und langsam kommt etwas Ordnung in die Zeichnung. Annie kennt den Orion, der nur im Winter zu sehen ist. Die Schüler und Schülerinnen sind mit Eifer bei der Sache, nur selten muss ich helfen. Nachdem wir die wichtigsten Sternbilder, die im Laufe des Jahres von uns aus zu sehen sind, eingetragen haben, erhalten die Schüler und Schülerinnen eine Kopie mit den Sternen mit dem Auftrag, die Sternbilder einzutragen und anzuschreiben. Das Blatt wird dann auf einen Karton geklebt. Den ellipsenförmigen Horizont habe ich auf eine Klarsichtfolie kopiert, die mit einer Reisszwecke auf dem Karton befestigt werden kann. Damit hat jeder eine eigene, einfache Sternkarte. Anhand einiger Beispiele üben wir das Einstellen der Sternkarte, und wir hoffen, dass wir heute Abend einen klaren Himmel zum Beobachten haben.

Vor dem Nachtessen wollen wir aber nun noch unserer Aufzeichnung der Schattenlinie zuwenden. Wir konstruieren den kürzesten Schatten und finden ihn um 13.40. Warum nicht am Mittag? Eine Stunde Differenz ist durch die Sommerzeit rasch erklärt. Eine weitere halbe Stunde können wir mit den Zeitzonen begründen. Ich erkläre dann die verbleibenden Minuten mit der Zeitgleichung.

Abends um elf Uhr sind wir dann wieder an unserem Beobachtungsplatz. Das Wetter erlaubt zum Glück nochmals eine Betrachtung der Sternbilder. Einige davon sind uns bekannt, zum Beispiel der grosse Bär („der steht ja ganz anders als heute morgen!“), andere werden aufgrund der Sternkarte identifiziert. Etwa eine Stunde sind wir draussen.

Donnerstag, 4. Juli: Das Wetter hat wieder umgeschlagen, es regnet. Auf dem Tisch steht das Modell mit dem kleinen Globus in der Glaskugel. Die Griechen dachten, dass die Sterne an einer Glaskugel, die sich um die Erde dreht, befestigt sind. Wir wollen nun versuchen, die Sternbilder, die wir kennen, auf der Glaskugel aufzumalen. Sam: „Der Polarstern steht über dem Nordpol.“ Das Modell ist so gebaut, dass die Ekliptik parallel zur Tischebene liegt und die Erdachse $23,5^\circ$ dazu geneigt ist. Die Sternbilder liegen damit genau in derjenigen Richtung des Raumes, in der wir sie am Himmel gesehen haben. Trotzdem ist das Aufzeichnen der Sternbilder auf der Himmelskugel eine schwierige Aufgabe. Nachdem die wichtigsten Sternbilder richtig gezeichnet sind, zeichne ich noch den Himmelsäquator (die Projektion des Äquators vom Globus auf die Glaskugel) und die Ekliptik (die Ebene, in der die Sternbilder des Tierkreises liegen) auf die Glaskugel. Ich zeichne auch noch die Sonne, die zur Zeit im Krebs steht, und nun können wir die Glaskugel drehen und im Modell sehen, wie die Sonne aufgeht und ihren Bogen am Himmel macht. Wenn die Sonne am Abend untergeht, dann ist im Osten der Adler aufgegangen. Und wenn um Mitternacht der Adler bei uns im Süden zu sehen ist, dann steht er, weil er auf dem Himmelsäquator liegt, senkrecht über Kenja, und in New York ist er zu dieser Zeit im Osten aufgegangen. Damit haben wir den Bezug zwischen der Erde, die am Anfang des Kurses unser Thema war („die Erde ist rund“ und „die Bücher-Weltkarte“), und der Himmelskugel (Beobachtung der Sternbilder, Sternkarte) geschaffen, und ich lese den Schülern und Schülerinnen nun Hans Christoph Bergs Text „Mit Adler und Orion um die Welt“ vor.

Am Nachmittag haben die Schüler und Schülerinnen den Auftrag, sich in Gruppen individuell mit dem Thema „Mond“ zu beschäftigen: Wie entstehen die Phasen des Mondes? Warum hat der Mond vom Dienstag- zum Mittwochabend seine Position bezüglich Jupiter deutlich verändert? Was ist eine Mondfinsternis? Stimmt es, dass sie immer bei Vollmond auftritt?

Nach dem Nachtessen sitzen die Schüler und Schülerinnen gespannt bereit: Die ganze Woche haben wir uns mit elementaren Fragen auseinandergesetzt und selbständig nach Lösungen gesucht. Ich habe den Schülern und Schülerinnen versprochen, am Ende des Kurses in einem Diavortrag die Entwicklung von Galilei bis zu den Erkenntnissen der modernen Astronomie vorzustellen. Die wichtigsten Daten habe ich schon auf den Jahrhundert-Blättern eingetragen, um im Vortrag darauf hinweisen zu können. Anderthalb Stunden hören die Schüler und Schülerinnen gebannt zu und stellen Fragen, an denen ich erkennen kann, wie sehr sie sich interessieren.

Freitag, 5. Juli: Was ist Lehrkunst? Die Himmelskunde ist das dritte Lehrstück - nach Kerze und Barometer -, das die Schüler und Schülerinnen erleben. Ich versuche, am konkreten Beispiel einen Einblick in die Theorie der Lehrkunst zu geben: Was heisst „exemplarisch“? Und was heisst „genetisch“? Wie haben wir die genetische Methode in dieser Woche erlebt? Und was heisst „dramaturgisch“? Wie ist das Himmelskunde-Lehrstück gestaltet?

Kommentar:

Das Lehrstück musste bei äusserst schlechten Wetterbedingungen inszeniert werden: Regen und dunkle Wolken am Montag und Dienstag, strahlendes Wetter am Mittwoch, dann wieder Regen und Nebel am Donnerstag und Freitag. Ein einziger schöner Tag genügte aber, um die wichtigsten Beobachtungen zu machen

(Sternbilder am Morgen- und Abendhimmel, Sterne bewegen sich, kürzester Schatten: Zeit und Himmelsrichtungen), auf denen das Lehrstück aufbaut. Wichtig war, dass ich Geduld hatte, mit den Akten „Sterne“ und „Sonne“ zu warten, bis wir die Beobachtungen gemacht hatten. Dies bedingte, dass ich zu Beginn der Woche Themen einfügte, die im Lehrstück nicht vorgesehen waren, die aber gut dazu passten: die Theorie zum Fernrohr, das wir dann auch benutzen konnten, die Dias zu den Planeten, die wir dann auch sehr schön gesehen haben, und die Zeit-tabelle, die im Abschlussvortrag wieder zum Tragen kam.

4.2.3.4. Ueli Aeschlimann und Walter Balmer mit einer 5.-9.Klasse in Golaten, April 1997

Montagmorgen, 2 Stunden: Die Schüler und Schülerinnen sitzen um eine auf dem Boden ausgebreitete Weltkarte herum. Sie hatten die Aufgabe, ein Land auszuwählen und sich darauf vorzubereiten, dieses Land vorzustellen. Die gewählten Länder verteilen sich über die ganze Weltkarte: Grönland, Alaska, Kanada, USA, Mexiko, Peru, Kenja, Sudan, Tschad, Israel, Griechenland, Malta, Indien, China, Australien, Neuseeland. Wir suchen die Länder auf der Weltkarte, was besonders den jüngeren Schülern und Schülerinnen zum Teil ziemliche Schwierigkeiten macht. Anschliessend erhält jeder Schüler und jede Schülerin eine Zeichnung mit den Umrissen der Kontinente. In diese Karte sollen nun die erwähnten Länder eingezeichnet werden.

Danach lese ich den Schülern und Schülerinnen den Text von Peter Bichsel vor. Woher wissen wir, dass die Erde rund ist? Wir diskutieren über das Schiff, das im Meer zu verschwinden scheint, und über die Veränderung des Sternenhimmels auf einer Nord-Süd-Reise. Dann begeben wir uns nach draussen. Die Sonne scheint. Ich habe ein flaches Stück Styropor und eine Kugel aus Styropor mitgebracht. In beide stecke ich in gleichem Abstand zwei Zahnstocher. Anhand des Schattens kann man die Krümmung der Kugel sichtbar machen.

Montagnachmittag, 2 Stunden: Wir begeben uns auf das freie Feld, dort wo wir am Abend die Sterne beobachten wollen, und zeichnen den Horizont. Wir haben die Himmelsrichtungen mit vier in den Boden gesteckten Stäben markiert, und die Schüler und Schülerinnen zeichnen nun zuerst den Horizont in vier Bildern: das erste Bild von Norden bis Osten, das nächste von Osten bis Süden usw. Es ist eine schwierige Aufgabe: Schon das Einteilen dieser vier Strecken ist nicht einfach: Wie weit ist der Baum vom Norden entfernt? Welche Details soll ich zeichnen? Walter Balmer und ich werden viel um Rat und Hilfe gefragt. Nach einer guten Stunde sind dann aber doch alle fertig, und wir begeben uns ins Schulzimmer zurück. Dort bitte ich die Schüler und Schülerinnen, mit dem Zirkel einen Kreis auf ein weisses Blatt zu zeichnen und die Himmelsrichtungen anzuschreiben: Oben Norden, links Westen, rechts Osten (umgekehrt als auf der Weltkarte) und unten Süden. Dann wird der Horizont von der Zeichnung, die wir draussen erstellt haben, übertragen.

Montagabend, 1 Stunde: Als wir uns am Abend beim Schulhaus treffen, hat die Dämmerung eingesetzt, und man sieht schon die ersten Sterne. Bald sind wir beim Beobachtungsplatz, und langsam sind auch schon die ersten Sternbilder zu erkennen. Orion im Westen, links davon, genau über einer hohen Tanne, strahlt Sirius. Im Südosten erkennen wir die hellsten Sterne des Löwen, darunter leuchtet der rötlich-helle Mars. Im Südwesten, nahe bei den Zwillingen, steht der zunehmende Halbmond. Er ist seit Mitte Nachmittag, als wir ihn im Südosten sahen, ein

grosses Stück weitergewandert. Und gerade in diesem Moment leuchtet in unserer Blickrichtung eine helle Sternschnuppe auf. Hoch über uns, Richtung Nordosten, steht der grosse Bär. Von ihm aus finden wir den Polarstern, weiter das Himmels-W, die Cassiopeja. Und dann natürlich im Nordwesten der helle Komet Hale-Bopp mit seinem deutlichen Schweif. Ich zeige den Schülern und Schülerinnen die Sternbilder und erzähle ihnen die griechischen Sagen von Kallisto, die zur Bärin verwandelt und von Zeus an den Himmel versetzt wurde, damit sie als Bärin nicht von ihrem Sohn Arkas (Arktur) erlegt wird. Und ich erzähle auch vom Löwen, den Herkules erwürgte, nachdem seine Pfeile das Fell nicht durchbohren konnten. Nach einer Stunde lenke ich die Aufmerksamkeit nochmals auf den Sirius: Deutlich ist zu sehen, dass er ein gutes Stück weitergewandert ist und nicht mehr über der Tanne steht. Auch beim Orion, der zu Beginn unserer Beobachtung bei der Hochspannungsleitung stand, kann man die Bewegung gut erkennen. Nur der Polarstern steht unverändert im Norden. Ein letzter Rundblick, damit wir uns morgen noch erinnern können, wo die Sterne standen, dann kehren wir zum Schulhaus zurück.

Dienstagmorgen, 4 Stunden: Die Schüler erinnern sich erstaunlich gut an die Sternbilder und zeichnen sie an die Wandtafel. Wir wollen nun die Sternbilder in die Horizontkarte eintragen. Dazu habe ich den Horizont auf ein grosses Papier übertragen. Wir begeben uns wieder zum Beobachtungspunkt. Sirius war über der grossen Tanne. Wir halten das Papier in diese Richtung und zeichnen Sirius ein. Orion stand daneben und kann ebenfalls leicht eingezeichnet werden. Dann halten wir den Karton über uns - es ist jetzt klar, warum gestern beim Zeichnen Westen und Osten umgekehrt gezeichnet werden mussten als auf der Weltkarte: auf diese blicken wir ja hinunter, während wir auf unsere Sternkarte nach oben blicken. Wir zeichnen den Bären. Mit seinem Schwanz findet man den Arktur - aber er war am Himmel an einer ganz andern Stelle!? Stefan merkt sofort: Wir haben den Schwanz verkehrt gezeichnet. Richtig, er zeigte doch gegen den Horizont, also korrigieren wir. Mehr und mehr füllt sich die Karte.³⁰¹

Zurück im Schulzimmer können die Schüler und Schülerinnen die Sternbilder von der gemeinsam erarbeiteten grossen Karte in ihren eigenen Horizont übertragen. Wie kann man der Bewegung der Sterne Rechnung tragen? Erstaunlicherweise finden die Schüler und Schülerinnen die Lösung schnell: Wir müssen die Sterne auf eine Folie zeichnen, die sich drehen lässt. Und dass der Drehpunkt nicht im Zentrum liegt, sondern beim Polarstern, ist völlig klar: Der Polarstern hat sich ja nicht bewegt.

Als nächstes habe ich auf einem grossen Karton die hellsten Sterne, die wir von uns aus sehen können, mit Filzstift als schwarze Punkte eingezeichnet. Ein unübersichtliches Bild. Wir finden aber den grossen Bären, Cassiopeja, und langsam füllt sich dann die Zeichnung. Ich verteile jedem Schüler und jeder Schülerin eine Kopie mit den wichtigsten Sternen und bitte sie, die Sternbilder einzuzichnen und anzuschreiben. Die Kopie wird auf einen Karton geklebt und mit einer Reisszwecke der drehbare, auf Folie kopierte Horizont darauf befestigt - und schon ist unsere eigene Sternkarte fertig. Zum Schluss des Morgens lernen wir noch, wie man die Sternkarte einstellen muss.

³⁰¹ Der Ertrag der nächtlichen Beobachtung war erstaunlich gross. Man darf nicht vergessen, dass es sich um eine Primarschulklasse handelt, also um die intellektuell weniger begabten Kinder. Für sie ist die primäre Anschauung ganz besonders wichtig. Erst wenn das direkte Bild in den Schülern und Schülerinnen verankert ist, kann der Schritt zum Abstrakten (hier das Aufzeichnen auf der Horizontkarte) gelingen. Wichtig war, dass wir zum Einzeichnen der Sternbilder wieder zum Beobachtungsplatz gegangen sind und damit ganz direkt an die Beobachtung anschliessen konnten.

Mittwochmorgen, 2 Stunden: Als Ergänzung zum Thema Weltkarte und Globus erzähle ich den Schülern und Schülerinnen ausführlich über die Reise von Magellan. Am Donnerstag werden sie eine Stunde Zeit haben, um diese Reise in eigenen Worten zu beschreiben.

Dann begeben wir uns auf den Pausenplatz. Mit Farbe haben Dominik und Jürg im Laufe des Montags immer wieder den Schatten eines 1 m grossen Stabes markiert und die Zeit dazugeschrieben. Wann ist Mittag? Wir suchen den kürzesten Schatten: 13.30 Warum nicht 12.00? Eine Stunde, die der Sommerzeit zugeschrieben wird, ist rasch geklärt. Die restliche halbe Stunde bietet aber grosse Schwierigkeiten.

Donnerstag, 1 Stunde: Die Schüler und Schülerinnen verfassen ihre Texte zur Reise von Magellan.³⁰²

Freitag, 4 Stunden: Heute geht es darum, die Kenntnis von Erde, Sternen und Zeit zusammenzuführen. Auf einer grossen Glaskugel, in deren Zentrum ein kleiner Globus angebracht ist, wollen wir die Sternbilder so aufzeichnen, wie wir sie am Himmel gesehen haben. Wir begeben uns dazu wieder auf unseren Beobachtungsplatz. In drei Gruppen machen wir uns an diese schwierige Aufgabe. Es wird lebhaft diskutiert, gelegentlich muss auch ein Sternbild weggewischt und neu gezeichnet werden. Nach einer halben Stunde sind die wichtigsten Sternbilder (Orion, Cassiopeja, der grosse Bär, der Löwe) eingezeichnet.

Zurück im Schulzimmer geht es darum, mit dem aus der Anschauung gewonnenen Modell zu arbeiten. Wir zeichnen noch die Sonne auf die Glaskugel. Durch Drehen der Glaskugel kann man nun sehen, wie die Sonne aufgeht, am Mittag schräg über Europa steht und am Abend, wenn sie über Amerika steht, bei uns untergeht. Und so wie die Sonne sich am Tag am Himmel bewegt, so bewegt sich nachts der Löwe am Himmel, während der Bär einen viel kleineren Kreis beschreibt, weil er näher am Polarstern steht. Die Arbeit mit dem Modell ist für die Schüler und Schülerinnen sehr schwierig.

Als Abschluss der Himmelskunde-Woche zeige ich den Schülern und Schülerinnen mit Dias den Weg von der griechischen Astronomie bis heute. Aus aktuellem Anlass - Hale-Bopp war damals sehr schön zu sehen - gehe ich dabei besonders auf das Thema Kometen ein.

Kommentar

- Aus zeitlichen Gründen habe ich die Komponente „Mond“ weggelassen.
- Die Schüler und Schülerinnen hatten Mühe, wenn es um abstrakte Dinge ging, insbesondere beim Kapitel mit den Zeitzonen und der Arbeit mit dem Modell Glaskugel / Globus. Sehr gut gearbeitet, und entsprechen viel gelernt, haben sie dort, wo die Arbeit direkt mit der Anschauung verbunden war, insbesondere die Entwicklung der Sternkarte.
- Es hat sich sehr bewährt, immer wieder zum Beobachtungsort gehen zu können: Das Einzeichnen der Sterne in den Horizont und das Aufzeichnen der Sternbilder auf die Glaskugel konnten dort gemacht werden, wo wir auch beobachtet haben.
- Die Schattenlinie wurde auf dem Pausenplatz aufgezeichnet. Als Vorbereitung hatte Walter Balmer die Schattenlinie schon ein paar Wochen früher aufzeichnen

³⁰² Den Text von Simon findet man im Unterrichtsbericht in Kapitel 4.2.2.

lassen. Der Schatten war inzwischen kürzer geworden, die Linie weniger gekrümmt, aber der kürzeste Schatten zeigte genau in die gleiche Richtung.

- Das Lehrstück konnte im Rahmen des regulären Unterrichts inszeniert werden. Wir hatten abgemacht, dass wir beginnen, wenn die Wetterlage günstig ist, und dass dann in dieser Woche die andern Fächer etwas in den Hintergrund treten können. Dies war möglich, weil diese Klasse nicht im Fachlehrersystem unterrichtet wird, sondern der grössten Teil des Unterrichts bei Walter Balmer stattfindet. Für seine Bereitschaft, zugunsten der Himmelskunde während einer Woche die andern Fächer zu kürzen, bin ich sehr dankbar, es hat sich für alle gelohnt!
- Bei der Klasse handelt es sich um eine Mehrjahrgangsklasse: 3 Schüler/innen aus der 5.Klasse, 3 Schüler/innen aus der 6.Klasse, 4 Schüler/innen aus der 7.Klasse, 2 Schüler/innen aus der 8.Klasse und 7 Schüler/innen aus der 9.Klasse
- Eine zweite nächtliche Beobachtung war in dieser Woche nicht realisierbar. Eine ausführliche Beobachtung von Abendhimmel und Morgenhimmel war aber in einer in diesem Quartal durchgeführten Nachtwanderung möglich.

4.2.3.5. Ueli Aeschlimann mit einer 10.Klasse des Lehrerseminars Bern, Studienwoche in Prés d'Orvin 1998

Sonntag: Wir reisen am Sonntagnachmittag an, um die Himmelskundewoche am Abend mit der Beobachtung der Sterne zu beginnen. Leider macht das Wetter nicht mit, der Himmel ist mit dichten Wolken bedeckt.

Montag: Der Himmel ist immer noch bewölkt, aber vereinzelt blickt die Sonne durch die Wolken hindurch. Wir werden versuchen, die sonnigen Momente zum Zeichnen der Schattenlinie auszunützen. Ich zeige den Schülern und Schülerinnen, wie wir den Sonnenschatten aufzeichnen wollen, und anschliessend wende ich mich dem Thema „Erde“ zu. Wir setzen uns auf der Terrasse um einen grossen Tisch, auf dem ich eine Weltkarte ausgebreitet habe. Die Schüler stellen nun ihre Bücher vor, die sie auf meinen Wunsch hin mitgebracht hatten. Dann lese ich den Seminaristen und Seminaristinnen die Textstelle von Peter Bichsel vor. Welche Beweise für die runde Erde kennen wir? Kathrin: „Satellitenbilder.“ Lehrer: „Überzeugt euch das?“ „Ja.“ Lehrer: „Wie lange gibt es schon Satellitenbilder?“ Sushil: „Etwa seit 1960.“ Lehrer: „Richtig. Sputnik war der erste Satellit, der die Erde umkreiste, 1957. Er konnte allerdings noch nicht photographieren. Dass die Erde eine Kugel ist, wussten aber schon die Griechen. Kennt jemand noch einen Beweis?“ Murielle: „Beim Meer sieht man es: ein Schiff, das vom Ufer wegfährt, versinkt im Meer.“ Lehrer: „Hat das jemand schon gesehen?“ Vier Schüler und Schülerinnen versichern, dass sie das schon gesehen haben. Lehrer: „Gibt es noch weitere Beobachtungen, die zeigen, dass die Erde rund ist?“ Bettina: „Die Jahreszeiten. Sie entstehen, weil sich die Erde bewegt.“ Lehrer: „Wenn wir uns nur auf das verlassen, was wir sehen, merken wir nicht, dass sich die Erde bewegt. Wir sehen einfach, dass die Sonne im Sommer höher am Himmel steht und länger scheint, deshalb ist es wärmer.“ Reyhan: „Wenn wir nach Neuseeland fliegen, können wir auf beide Seiten wegfliegen.“ Lehrer: „Ja. Bekannt ist auch, dass man von Zürich nach New York über England fliegt. Auf der Weltkarte sieht das aus wie ein Umweg, aber auf dem Globus wird das sofort klar.“ Ich zeige es mit einem Faden, den ich auf dem grossen Globus von Zürich nach New York spanne. Lehrer: „Aber wir sind damit wieder weit weg von den Griechen. Es gibt noch zwei Beweise aus der Astronomie: die Mondfinsternis, die zeigt, dass die Erde einen runden Schatten wirft, und die Höhe des Polarsterns, die zunimmt, wenn wir nach Norden reisen.“ Als nächstes

zeige ich den Schülern und Schülerinnen, wie Eratosthenes den Durchmesser der Erde bestimmte. Nach einer kurzen Pause erzähle ich dann noch von der Reise Magellans.

Am Nachmittag arbeiten die Schüler und Schülerinnen unter der Leitung meines Kollegen an einem nicht himmelskundlichen Thema. Das Wetter hat sich deutlich gebessert, so dass die Schüler und Schülerinnen zwischendurch immer wieder den Stand des Schattens aufzeichnen können. Um 16.30 treffen wir uns wieder auf der Terrasse zum Auswerten der Schattenlinie³⁰³.

Montagabend: Die Wolken sind zu dicht. Zwar blinkt hin und wieder ein Stern zwischen den Wolken hervor, manchmal auch der helle Jupiter, aber eine Beobachtung von Sternbildern lässt dies nicht zu. Vielleicht bessert sich das Wetter bis zum Morgen.

Dienstag, 03.30: Ich schaue aus dem Fenster und sehe Sterne! Zwar ist es etwas dunstig, aber die Chance auf eine - vielleicht die einzige - Sternbeobachtung wollen wir uns natürlich nicht entgehen lassen, und so wecke ich die Schüler und Schülerinnen. Wir begeben uns zu unserem Beobachtungsplatz, einige Schritte hinter dem Haus. Bettina kennt Cassiopeja, ich ergänze Andromeda und erzähle die zugehörige Sage. Wir drehen uns dann auf die andere Seite: Senkrecht über uns sehen wir Deneb, den hellsten Stern im Schwan, auch der Adler ist gut zu sehen, während die Leier durch eine Wolke versteckt wird, nur gerade Wega, der hellste Stern ist sichtbar, damit aber das ganze Sommerdreieck. Unsere ruhige Sternbeobachtung wird plötzlich unterbrochen: Ein heller Meteor ist während einiger Sekunden zu sehen, selten habe ich einen so schönen gesehen, und es ist natürlich Glück, dass wir alle unsere Blicke in diese Richtung gelenkt haben. Leider werden die Wolken langsam dichter. Wir finden noch den grossen Bären, müssen dann aber unsere Beobachtungen abbrechen.

Nach dem Morgenessen schauen wir zurück auf unsere nächtliche Beobachtung: Was hatten wir gesehen? Wo standen welche Sternbilder? Ich bitte die Schüler und Schülerinnen, über die nächtliche Beobachtung einen Text zu schreiben. Für den Rest des Vormittags ist dann wieder mein Kollege an der Reihe.

Am Nachmittag ist der Himmel bedeckt, aber es regnet nicht, und so nehmen wir das Zeichnen des Horizonts in Angriff. Ich erläutere das Vorgehen: Zuerst werden vier einzelne Zeichnungen des Horizonts erstellt: die erste mit Blick nach Süden, sie soll den Horizont von Südost bis Südwest erfassen, die zweite mit Blick nach Westen, also von Südwest bis Nordwest und damit anschliessend an die erste Zeichnung, usw. In einem zweiten Schritt wird dann der ganze Horizont in einen Kreis von ca. 10 cm Durchmesser gezeichnet und diese Zeichnung auf einen Karton aufgeklebt. Einige Schüler und Schülerinnen sind sehr schnell mit ihren Zeichnungen zufrieden, während sich andere grosse Mühe geben.

Nach dem Nachtessen ist der Himmel immer noch bedeckt. Ich entschliesse mich daher, noch eine kleine Sequenz als Vorbereitung des für den Abschluss der Woche geplanten Diavortrages zur Geschichte der Astronomie durchzuführen. An der Wand habe ich auf einem 2 Meter langen Papierstreifen eine Zeitachse von 800 v.Chr. bis heute gezeichnet. Ich teile die Klasse in vier Gruppen. Jede Gruppe erhält Klebezettel mit dem Auftrag, zehn geschichtlich wichtige Ereignisse zu nennen (nicht astronomische, sondern wichtige Erfindungen und politisch wegweisende Ereignisse, kulturell herausragende Leistungen,...). Die Zettel werden

³⁰³ Diese Sequenz ist in Kapitel 4.2.2. ausführlich dargestellt.

dann auf der Zeitachse aufgeklebt, und wir vergleichen: Welche Ereignisse sind so wichtig, dass sie von jeder Gruppe erwähnt wurden? Wo sind wichtige Ereignisse falsch plaziert? Was fehlt?

Um halb elf Uhr werfe ich nochmals einen Blick auf den Himmel, und zu meiner grossen Überraschung und Freude sehe ich einen klaren Sternenhimmel. Ich rufe also die Schüler und Schülerinnen zusammen, und wir begeben uns zu unserem Beobachtungsplatz. Andrea: „Der Schwan stand ja heute früh an einem ganz andern Ort!“ Vom Schwan aus finden wir den Adler, dann suchen wir Cassiopeja, das Himmels-W ist den Schülern und Schülerinnen noch bekannt, von dort aus finden wir Andromeda und Pegasus. Lehrer: „Wo finden wir den Polarstern?“ Cornelia: „Im Norden“ Bettina: „In 47 Grad Höhe“. Ja, dort steht er. Und wir finden auch den grossen und den kleinen Bären und den Drachen, der sich zwischen den beiden durchwindet. Und beim Kopf des Drachen finden wir Herkules, der mit dem Drachen kämpft, fast senkrecht über uns. Ich erzähle von Herkules und seinen berühmten Taten, vom Kampf mit dem nemäischen Löwen, und wir suchen dazu das Sternbild: Der Kopf des Löwen ist im Westen schon in den Wald hinuntergetaucht, der Leib ist aber noch deutlich zu sehen. Kathrin: „Der Löwe ist doch ein Sternzeichen, kann man die andern Sternzeichen auch sehen?“ Lehrer: „Ja. Schaut mal nach Süden, dort ist der Skorpion sehr schön zu sehen. Links davon sehen wir den Schützen, rechts die Waage. Und der helle Stern etwas weiter im Westen ist Spica, aus dem Sternbild der Jungfrau.“

Mittwoch: Um 9.30, etwas später als üblich wegen der nächtlichen Beobachtung, treffen wir uns zur Weiterarbeit am Beobachtungsplatz. Ich habe auf einem grossen Papier eine Horizontkarte gezeichnet, und wir wollen nun gemeinsam die Sternbilder, die wir in der Nacht gesehen hatten, eintragen. Cornelia: „Im Süden sahen wir den Skorpion.“ Wir halten das Blatt Richtung Süden, so dass wir über dem Südhorizont den Skorpion einzeichnen können. Manuela: „Im Norden ist der Polarstern.“ Wir tragen ihn ein, etwa in der Mitte zwischen Horizont und Zenit. Dann zeichnen wir den grossen Bären und Cassiopeja ein, dann das Sommerdreieck mit Schwan, Adler und Leier. Nach und nach füllt sich das Blatt. Lehrer: „Wir haben nun eine Sternkarte gezeichnet, denn mit dieser Zeichnung können wir uns am Himmel orientieren. Der Nachteil ist: Sie gilt nur für 23 Uhr, denn wir haben ja gesehen, dass sich die Sterne weiterbewegen.“ Die Lösung wird schnell gefunden: Da alle Sterne um den Polarstern kreisen, muss man die Sterne auf einem Deckblatt einzeichnen, das sich gegenüber dem festen Horizont drehen lässt. Die Schüler und Schülerinnen übertragen nun die Sternbilder von der gemeinsam erarbeiteten Zeichnung auf ihre eigene Horizontzeichnung. Dann befestigen wir mit einer Reisszwecke, die wir beim Polarstern einstecken, eine Folie, auf die wir die Sternbilder übertragen, und fertig ist unsere Horizontkarte. Wir prüfen, ob wir die Situation für 4 Uhr morgens einstellen können. In der Tat: Andromeda, am Abend nur knapp über dem Wald, steht jetzt höher, dafür steht der Adler nur knapp über dem Wald im Westen, und der Löwe steht im Norden unter dem Horizont. Stimmt, er war ja um Mitternacht gerade am Untergehen.

Mittwochnachmittag: Auf einem grossen Papier habe ich alle Sterne, die wir im Laufe eines Jahres sehen können, aufgezeichnet. Ein unübersichtliches Meer von Punkten! Nach und nach erkennen wir einzelne Sternbilder und gewinnen damit immer mehr Übersicht. Die Schüler und Schülerinnen übertragen dann die Sternbilder auf eine vorbereitete Kopie mit den wichtigsten Sternen, schreiben die Namen zu den Sternbildern, kleben die Kopie auf einen Karton und befestigen mit einer Reisszwecke eine Folie mit dem ellipsenförmigen Horizont: Jeder hat so

seine eigene Sternkarte gebastelt. Leider hat sich am Abend das Wetter verschlechtert, so dass wir die Sternkarte nicht mehr am Himmel testen können. Am nächsten Morgen ist die Gegend in Nebel gehüllt, und es regnet.

Donnerstag: Wir wollen nun unsere Kenntnisse von Erde, Zeit und Sternbildern zusammensetzen zu einem Weltbild. Wir sitzen um den Tisch - wegen des Regens diesmal im Haus. Ich zeige mein Modell: eine (noch unbeschriebene) Glaskugel mit einem Globus im Zentrum. Wir richten die Erdachse so, dass sie auf den Polarstern zeigt, und versuchen nun, aus der Erinnerung der mitternächtlichen Sternbeobachtung die Sternbilder auf die Kugel zu zeichnen. Das ist immer wieder schwierig: Ein Schüler muss durch die Glaskugel in die Richtung schauen, in der er das Sternbild gesehen hat, und er muss einem Mitschüler befehlen, was er zeichnen soll, denn dieser muss das Sternbild ja seitenverkehrt zeichnen. Es gelingt, die wichtigsten Sternbilder richtig einzuzeichnen: Adler, Cassiopeja, Schwan, grosser Bär, ich ergänze noch den Orion. Dann überlegen wir: Wenn wir den Adler im Süden sehen, wer sieht ihn senkrecht über sich? Für wen geht er zu diesem Zeitpunkt gerade auf? Und was sieht der Adler von der Erde? Eine gute Stunde arbeiten wir sehr konzentriert.

Donnerstagabend: Dias, zwei Stunden, immer wieder unterbrochen von Fragen der Schüler und Schülerinnen. Ich ergänze während des Vortrags auch unsere Zeit-tabelle: Wann lebte Galilei? Wann entdeckte Herschel den Uranus? Wann bewies Hubble, dass der Andromedanebel eine eigene Galaxie ist? Die Schüler und Schülerinnen sind sehr aufmerksam. Die faszinierende Reise durch die Geschichte der Entdeckungen und durch das Weltall setzt immer wieder einen schönen Schlusspunkt unter die Himmelskundewoche.

Kommentar:

- Wir hatten in dieser Woche nur einen schönen Tag, aber der war sehr ergiebig: Wir konnten den Morgenhimmel beobachten und daraus im Laufe des Tages die Sternkarte entwickeln, mit der wir am Abend den ganz anderen Nachthimmel kennenlernen konnten. Parallel zur Erarbeitung der Sternkarte war es möglich, eine schöne Schattenlinie aufzuzeichnen.
- In dieser Woche stand nur ein Teil der Zeit für die Himmelskunde zur Verfügung, da mein Kollege mit den Schülern und Schülerinnen an einem andern Thema arbeitete.
- Das inzwischen mehrfach erprobte Konzept³⁰⁴ hat sich in dieser Woche sehr bewährt.

³⁰⁴ Vgl. Kapitel 4.2.1.3. (s.144-146)

4.2.3.6. Überblick

Goldern, 1990

	Samstag	So	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Vormittag	11.20-12.15 Wie spät ist es?	Schattenlinie zeichnen	11.20-12.15 Sonnenschatten und Uhrzeit	11.20-12.15 Die Uhr wird zum Kompass	11.20-12.15 Vom Skorpion bis zur Sonne	11.20-12.15 Die Erde steht. der Himmel dreht	11.20-12.15 Die drehbare Sternkarte
Nachmittag							14.00-15.00 Der „Lift“
Abend					22.00-24.00 Auch die Sterne bewegen sich		22.00-23.00 Bekanntes und Neues am Himmel

Langenbruck, 1995

	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Morgen		4.00 Kleiner Pyjamablick auf die Sterne	3.30: 1 Stunde Sternbeobachtung		5.30 Sonnenaufgang
Vormittag		10.00-12.00 Über die Sterne zur Erde 12.00-13.00 individuelle Arbeit	10.30-11.30 Adler und Orion 12.00-13.00 individuelle Arbeit	10.00-12.00 Weltkarte mit Literatur erschliessen 12.00-13.00 individuelle Arbeit	8.00-10.00 Globus und Stern- karte miteinander
Nachmittag	17.00-18.00 Ouverture	16.00-17.00: Horizont zeichnen 17.30-18.30 Schatten und Uhr	16.30-18.30 Horizontkarte	16.30-17.30 drehbare Sternkarte 17.30-18.30 Ausblick: Diavortrag	
Abend	21.00: Sternbilder beobachten (1 Stunde)	21.00 griechische Tänze kleiner Sternenblick	21.00 griechische Tänze Sternbeobachtung (1 Stunde)	21.00 griechische Tänze kleiner Sternenblick	

Prés-d'Orvin, 1996

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	
Morgen			4.00-5.00: Morgenhimmel beobachten			
Vormittag		9.30-10.30 Weltkarte 11.00-12.00 individuelle Arbeit	10.30-11.30 Horizont zeichnen	Schattenlinie zeichnen	9.30-10.30 Mit Orion und Adler um die Welt 11.00-12.00 individuelle Arbeit	9.30-10.30 Theorie zur Lehrkunst-Didaktik
Nachmittag	15.00-17.00: Die Erde ist rund 17.30-18.30 individuelle Arbeit	15.00-16.00 geschichtlicher Überblick 16.30-17.30 individuelle Arbeit	14.00-15.00: individuelle Arbeit 15.00-17.00: Horizontkarte und Sternkarte 17.30-18.30 Schattenlinie auswerten		15.00-16.00 Der Mond 16.30-17.30 individuelle Arbeit	
Abend	20.00-21.00 Dias zum Thema Fernrohr	20.00-21.00 Dias zum Thema Planeten		20.00-21.30 Ausblick (Dia- vortrag)		

Golaten, 1997

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Dienstag	
Vormittag	10.15-11.45 Weltkarte und Globus	Schattenlinie zeichnen	8.15-11.45: Horizontkarte und Sternkarte entwickeln und anfertigen	10.15-11.45 Magellan Schattenlinie auswerten	1 Stunde individuelle Arbeit (im Unterricht) Text über die Reise von Magellan schreiben	8.15-9.45 Die Erde inmitten von Sonne und Sternen 10.15-11.45 Ausblick mit Diavortrag	2 Stunden individuelle Arbeit (im Unterricht) Heft zur Himmelskunde abschliessen.
Nachmittag	13.30-15.30 Horizont zeichnen		0,5 Stunden (Hausaufgabe) Text zum Sterne- beobachten schreiben				
Abend	21.00-22.00 Sternbilder beobachten						

Prés-d'Orvin, 1998

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag
Morgen		3.45-4.45: Morgenhimmel beobachten		
Vormittag	9.00-11.00 Weltkarte und Globus	10.00-11.00 Rückblick auf die Beobachtung	9.30-10.30 Horizontkarte entwickeln und anfertigen	9.30-10.30 Die Erde inmitten von Sonne und Sternen
	11.00-12.00 individuelle Arbeit	11.00-12.00 individuelle Arbeit	11.00-12.00 individuelle Arbeit	11.00-12.00 individuelle Arbeit
Nachmittag	16.30-17.30 Schattenlinie auswerten	14.00-15.30: Horizont zeichnen	14.00-15.30: Sternkarte entwickeln und anfertigen	
Abend		22.45-0.15 Abendhimmel beobachten		20.00-22.00 Ausblick (Diavortrag mit Diskussion)

fiktive Woche

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Morgen			3.30-4.30: Morgenhimmel beobachten		
Vormittag		9.00-10.00: Text schreiben: Sterne beobachten		9.00-10.00: individuelle Arbeit	9.00-10.00: individuelle Arbeit
		10.00-12.00: Horizontkarte entwickeln und anfertigen	10.00-12.00: Weltkarte und Globus	10.00-12.00: Schattenlinie auswerten	10.00-12.00: Diavortrag
Nachmittag	15.00-17.00: Horizont zeichnen	14.00-15.00: individuelle Arbeit	14.00-15.00: individuelle Arbeit	14.00-15.00: individuelle Arbeit	
		15.00-17.00: Sternkarte entwickeln und anfertigen	15.00-17.00: Mond	15.00-17.00: Die Erde inmitten von Sonne, Mond und Sternen	
Abend	21.00-22.30: Sternbilder beobachten			21.30-22.30: Abendhimmel beobachten	

4.2.4. Rückblick auf die Inszenierung 98

4.2.4.1. Rückmeldungen der Schüler und Schülerinnen

Andrea K.: „Ich habe in diesen Tagen zu diesem mir vorher weitgehend unbekanntem Thema viel gelernt.“ So äussern sich viele Schüler und Schülerinnen. Es zeigt sich, dass der Sternenhimmel wenig bekannt ist. Sabine: „Ich habe vieles gelernt. Diese Woche hat viel bewirkt: Kaum habe ich die Zeit, den Sternenhimmel anzusehen, vergeht die Zeit wie im Fluge, da ich jeweils alle mir jetzt bekannten Sternbilder ausfindig machen will.“

Dass wir nicht mit den neusten Erkenntnissen der Astronomie angefangen haben, sondern mit eigenen Beobachtungen, wurde von den Schülern und Schülerinnen positiv gewertet: Anja: „Ich war froh, dass wir versuchten, durch eigene Beobachtungen und Überlegungen Dinge zu erklären, wie es vielleicht schon die alten Griechen konnten.“

Guten Anklang fand die Sternkarte: Andrea F.: „Was ich super fand, war die fast selbst gemachte Sternbildkarte, die ich sicher noch oft gebrauchen werde.“

Andrea P.: „Dass wir die Sternkarte selber machen mussten und nicht alles schon angeschrieben und eingetragen vorgelegt bekamen, fand ich gut.“ (vgl. dazu die Ergebnisse der Lernkontrolle, Kap.4.2.4.2.)

Unterschiedlich ist die Einschätzung der Sequenz „Die Erde ist rund“: Manuela: „Auch ich habe es als Kind gehört [dass die Erde rund ist U.A.] und seither gewusst, doch jetzt bereitete mir die einfachste Frage: »Woran erkenne ich es?« Mühe. Ich habe es einfach geglaubt, und diese Frage schien für mich persönlich gar nicht möglich zu beantworten, da die Erde zu gross ist und ich sie nicht von aussen anschauen kann.“ Bettina: „Ist die Erde rund? Meiner Meinung nach hätten wir etwas schneller zu den Beweisen gelangen sollen.“ Andrea P. hat es ähnlich erlebt: „Den ersten Block, in dem wir Beweise vorbringen mussten, dass die Erde rund ist, hat mich etwas harzig gedünkt. Wir kamen eine Weile wirklich nicht vorwärts Ich glaube, wir haben im Moment einfach nicht so kapiert, was Sie genau von uns wollen. [Nämlich, dass die Schüler und Schülerinnen selber denken und suchen sollen und nicht der Lehrer erklärt³⁰⁵] Die weiteren Blöcke waren dann deutlich interessanter und nicht mehr so harzig Ich habe noch nie so leicht gelernt wie in dieser Woche“

Der Blick auf Mond, Jupiter und Saturn wurde als eindrücklich empfunden, aber aufgrund der Rückmeldungen war das geduldige Anschauen des Sternenhimmels für viele das Schlüsselerlebnis. Kathrin: „Was mir sehr gefallen hat, war das Beobachten in der Nacht und die Geschichten, die Sie uns jeweils zu den Sternzeichen erzählt haben.“ Sabine: „Die nächtlichen Beobachtung des Sternhimmels waren (trotz grosser Müdigkeit) beeindruckend.“ Sushil: „Was unübertroffen schön war, war der Sternenhimmel, der mich einfach fesselt.“

Viele Schüler und Schülerinnen heben den Diavortrag als besonders eindrücklich hervor. Manuela: „Der Schluss der Woche mit der Diaschau, wo Sachen wiederholt wurden und Neues dazugekommen ist, war genial.“ Brigitte: „Die Dia-Vorführung am letzten Abend war sehr interessant und bewegte mich zum Nachdenken und Fragen über Welt, Mensch und Himmelsgewölbe.“ Andrea F.: „Am meisten beeindruckt und als Superschluss der Woche fand ich die Dia-Show.“ Auch wenn diese Bilder so faszinieren, ist für mich klar: Was von der Woche bleibt, ist das, was durch

³⁰⁵ Damit ein Denk-Druck aufkommt, darf kein Zeitdruck bestehen (Martin Wagenschein: Verstehen lehren; S.118)

intensive Auseinandersetzung gewonnen wurde. Das scheint auch den Schülern und Schülerinnen klar geworden zu sein: Kathrin: „Mir hat diese Woche Astronomie jedenfalls viel gebracht, vor allem weil wir viel selber erarbeitet haben und es so wirklich verstanden haben.“ Für mich war es wichtig, dass die Schüler und Schülerinnen über jede Sequenz einen eigenen Text in ihrem Heft formulieren. Manuela und Brigitte formulieren in ihren Rückmeldungen, dass ihnen das sehr geholfen hat: Manuela: „Nach den Gesprächen ist es oft mühsam, alles aufzuschreiben und ich denke ab und zu auch, das mag ich jetzt nicht, aber ich merke immer wieder, wie wichtig es ist, denn es ist genau das, was mich weiter bringt. Ich dachte, es zu verstehen und dann merke ich, dass ich es nicht in Worten ausdrücken kann oder dass ich nur einzelne Teile verstanden habe und nun, wenn es ums Aufschreiben geht, die Teile nicht zusammensetzen kann und es kommt auch vor, dass ich erst beim Aufschreiben merke, dass ich es gar nicht verstanden habe.“ Und Brigitte: „Die Methode, die wir zum Lernen anwendeten, war vielleicht manchmal etwas mühsam zum Vorankommen, zum Verstehen des Stoffes aber geradezu ideal. Während dem Schreiben des Arbeitsprotokolls befasste man sich nochmals mit dem Stoff, den man im Unterricht behandelt hatte. Jeden Schritt, den wir erforschten, ging man nochmals durch. So merkte ich jeweils sofort, ob ich alles begriffen hatte oder ob ich nur meinte, ich habe es begriffen.“ Zum Abschluss dieser Rückmeldungen noch Cornelia: „Wir merkten bei Ihrem Unterricht, dass es Ihnen auch wirklich Spass macht, mit uns in der Astronomie zu arbeiten.“ Ja, das stimmt natürlich!

4.2.4.2. Was bleibt? Kontrolle des Lernerfolgs

Im Januar 99, ein halbes Jahr nach der Himmelskundewoche 98 in Prés d'Orvin habe ich den Schülern und Schülerinnen unvorbereitet einige Fragen zum Thema „Sternbilder und Sternkarte“ vorgelegt. Das Ergebnis lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

- 1) Das Einzeichnen von Sternbildern in eine stumme Karte hat sehr gut geklappt. Von den fünf Sternbildern grosser Bär, Cassiopeja, Schwan, Adler und Skorpion haben 12 von 16 Schülern und Schülerinnen mindestens vier richtig eingezeichnet. Ich denke, dass dieses gute Ergebnis weitgehend auf die Arbeit in der Himmelskundewoche zurückzuführen ist, denn Anfang der Woche, bei der ersten Himmelsbeobachtung war noch sehr wenig bekannt.
- 2) Etwa die Hälfte der Schülerinnen und Schüler gaben an, die Sternkarte seit der Himmelskundewoche mehrmals verwendet zu haben. Das deckt sich mit dem Ergebnis, dass 7 von 16 Schüler/innen eine konkrete Aufgabe³⁰⁶ mit Hilfe der Sternkarte richtig gelöst haben und auch richtig beschrieben haben, wie sie zur Lösung die Ausgabe die Sternkarte eingestellt haben.
- 3) Nur 5 von 16 Schüler/innen haben in diesem Winter den Orion schon gesehen, obschon er im Moment sehr schön am Abendhimmel zu sehen ist. Das deutet darauf hin, dass das Interesse nach einem halben Jahr deutlich abgenommen hat. Es ist wichtig, immer wieder die Sternbilder anzuschauen und sei es auch nur mit einem kurzen Blick, damit die Beziehung zu den Sternbildern nicht abreisst. Das Interesse ist vorhanden, das zeigt auch die Bemerkung mehrerer Schüler und Schülerinnen im Zusammenhang mit dieser Lernkontrolle: „Wann fahren wir mit der Astronomie weiter?“

³⁰⁶ Wann geht der Sirius heute (6.1.99) auf?

4.3. Didaktische Interpretation des Lehrstücks „Elementare Himmelskunde“

4.3.1. Genetisch

Wagenschein schrieb: „Ein naturwissenschaftliches Ergebnis kann nicht verstanden werden ohne Kenntnis des Weges, der zu ihm führte.“³⁰⁷ Dieser Prozess ist in der Astronomie besonders gefährdet. Die eigene Beobachtung wird durch das Licht der Städte und neuerdings durch die Laserkanonen der Discos immer mehr erschwert. Auch fehlt die Musse zur ruhigen Sternbeobachtung. Auf der andern Seite wächst die Flut der schnellen Belehrung. In Zeitungen, Fernsehen und im Internet findet man Informationen zu Galaxien, schwarzen Löchern und zum Urknall. Unter diesen Voraussetzungen scheint es mir besonders wichtig, dass in der Schule erlebt werden kann, wo die Wurzeln liegen, dass wesentliche Einsichten aus der Beobachtung mit freiem Auge hervorgehen und dass man durch das gründliche, kritische Nachdenken über diese Beobachtungen schliesslich zu Erkenntnissen kommt, die unserer Erfahrung widersprechen. Etwa: Wir wissen, dass die Erde sich dreht, aber wir erleben, wie die Sonne auf- und untergeht. Was ist nun „Wirklichkeit“? Es braucht dazu die Einwurzelung der Erfahrungen, und deshalb nehmen wir uns im Himmelskunde-Lehrstück so viel Zeit für die elementaren Erfahrungen, für das Kennenlernen des untersten Stockwerks im Bild des Turmes der Astronomie³⁰⁸:

Das Genetische kommt im Himmelskunde-Lehrstück im doppelten Sinn zum Tragen:

1) Innerhalb der einzelnen Komponenten: Die Schüler und Schülerinnen erleben, wie die Sternkarte entsteht: von der Horizontkarte - der Landkarte der Sterne -, die nur für einen ganz bestimmten Beobachtungsort zu einer bestimmten Zeit gilt, bis zur drehbaren Sternkarte, die das ganze Jahr zu jeder Zeit gebraucht werden kann und lediglich in Bezug auf die geographische Breite eingeschränkt ist. Oder: Die Schüler und Schülerinnen erarbeiten, wie man von der Bewegung der Sonne die Zeit und die Himmelsrichtungen ablesen kann.

2) Im Lehrstück als Ganzes: Aus den vier Grundkomponenten (Erde, Mond, Sonne, Sterne) wird das geozentrische Weltbild entwickelt: Die Erde inmitten von Sonne, Mond und Sternen.

„Wagenschein meint mit »Genetisch«: den Schüler in die Lage versetzen, in der das noch nicht verstandene Problem so vor ihm steht, wie es vor der Menschheit stand, als es noch nicht gelöst war.“³⁰⁹ Das ist schwierig, weil in der Himmelskunde die Kenntnisse der runden, bewegten Erde bei allen Schülern und Schülerinnen vorhanden sind. Man muss vereinbaren, diese Kenntnisse - im Wissen darum, dass sie richtig sind - vorläufig wegzuschieben. Die Erfahrung zeigt, dass es geht. Bettina schrieb in ihrer Rückmeldung³¹⁰: „Ich war vor allem froh, jegliche Fragen stellen zu können, auch die, die man eigentlich wissen sollte.“

Insgesamt zum Genetischen

Es ist ein wichtiges Ziel des Himmelskunde-Lehrstücks, dass die Schüler und Schülerinnen erkennen, dass ein Weltbild eine Interpretation unserer Beobachtungen ist. Dadurch soll auch das Verständnis geweckt werden, dass ein Weltbild nichts Absolutes ist, dass es sich wandeln kann. Ein Weltbild beschreibt die Welt

³⁰⁷ Martin Wagenschein: Die Pädagogische Dimension der Physik; S.89

³⁰⁸ Kapitel 4.2.1.1.

³⁰⁹ Hartmut von Hentig: Einführung zu „Verstehen lehren“, S.14-15

³¹⁰ Rückmeldung zur Himmelskunde-Woche in Prés d'Orvin 1998

nicht, wie sie ist, sondern wie wir sie aufgrund der heute gültigen Sichtweise verstehen. „Es war ein grosser Schritt von Galilei, die Welt so zu beschreiben, wie wir sie nicht erleben.“³¹¹ Wenn man das verstehen will, muss man die Schritte, die dazu geführt haben nachvollziehen. Indem das Himmelskunde-Lehrstück die Grundlagen der Astronomie sehr sorgfältig erarbeitet, nimmt es den genetischen Weg wirklich ernst.

Eine Pflanze besteht nicht nur aus der Blüte, es gehören auch Wurzel und Stengel dazu. Im Zentrum unseres Lehrstücks steht die Wurzel. Stengel und Blüte werden im Ausblick gezeigt, aber im Lehrstück selber setzt man sich nicht intensiv mit ihnen auseinander. Das muss einer späteren Phase des Unterrichts vorbehalten werden. Cornelia nach der Himmelskunde-Woche: „Ich freue mich schon darauf, wenn wir dieses Thema im Unterricht weiter behandeln.“³¹²

4.3.2. Sokratisch

Im Himmelskunde-Lehrstück werden an zwei Stellen längere sokratische Gespräche geführt:

1) Warum ist die Erde rund?

2) Warum ist der kürzeste Schatten nicht bei 12.00?

Beide Stellen erfüllen die Voraussetzungen für ein sokratisches Gespräch:

- Die Fragen betreffen Dinge, die wir zu wissen glauben. Sie überraschen uns, verunsichern uns, und wir geraten ins Nachdenken.

- „Es entwickelt sich eine Kette von Einfällen, Nachprüfungen, neuen Fragen, und so fort. Sie entwickelt sich erfahrungsgemäss dann am zuverlässigsten, wenn die Frage eingewurzelt war, wenn wir Geduld haben, auf produktive Einfälle zu warten; und wenn wir auf ihrer kritischen Nachprüfung bestehen.“³¹³ Die Erfahrung zeigt, dass die Schüler und Schülerinnen die Fragen weitgehend selber klären können. Im Fall der runden Erde ist leider das direkte Nachprüfen durch eigene Beobachtung nicht möglich. Zum Teil kann man auf Erfahrungen aus Ferienreisen zurückgreifen: Das Verschwinden des Schiffes im Meer können in der Regel einige Schüler und Schülerinnen aus eigener Erfahrung bestätigen, gelegentlich auch die Veränderung des Sternenhimmels. Und auch die Zeitzonen können mit Erfahrungen verbunden werden. Zum Beispiel: Weil Spanien, das viel weiter westlich liegt, auch mitteleuropäische Zeit hat, steht dort im Sommer die Sonne erst mitten am Nachmittag im höchsten Punkt.

Neben diesen Stellen gibt es andere, die nicht im sokratischen Gespräch erarbeitet werden, weil sich andere Unterrichtsformen mehr aufdrängen. Beispiel: die Entwicklung der Sternkarte: Wir beginnen mit dem Betrachten der Sternbilder. Wir staunen, aber es ist nicht das überraschende Stolpern, sondern das Ergriffen ein, welches unser Staunen auslöst. Ich zeige die Sternbilder und erzähle die griechischen Sagen, auch das ist nicht das sokratische Gespräch im Sinne von Wagenschein. Dann zeichnen wir den Horizont, zeichnen die Sternbilder ein und basteln die drehbare Sternkarte: ein genetischer Aufbau, die Schüler und Schülerinnen sind selber aktiv. Ein sokratisches Gespräch ist das nicht, aber, wie ich meine, trotzdem ein Unterricht im Sinne von Wagenschein: Geduldig und gründlich.

³¹¹ Carl Friedrich von Weizsäcker, zitiert nach M. Wagenschein: Verstehen lehren, S.102

³¹² Rückmeldung zur Himmelskunde-Woche in Prés d'Orvin 1998

³¹³ Martin Wagenschein: Verstehen lehren; S.83

4.3.3. Exemplarisch

Wagenschein zeichnet den Lehrer als Bergführer, aber einer, der nicht voran geht, sondern einer, der der Gruppe das Klettern beibringen will. Und er schreibt dann, und das sind die Sätze, auf die es mir hier ankommt: „Er braucht nicht alle Berge zu besuchen, es genügt ihm dieser und jener. Der Berg muss nur so gewählt werden, dass man an ihm das Steigen lernt und dass er den Verlauf der ganzen Gebirgskette überschauen und verstehen lehrt.“³¹⁴

a) Steigen lernen heisst hier:

1. Gewinnen von astronomischen Erkenntnissen

Die Kenntnisse der Astronomie wurden durch genaues Beobachten des Sternenhimmels gewonnen. Das Nachdenken über die Beobachtungen und über Zusammenhänge führte zu Theorien, hier zum geozentrischen Weltbild. Was im Lehrstück nicht erlebt werden kann: Viele Erkenntnisse erfordern eine Beobachtung über lange Zeit.

2. Aspektcharakter:

Wir dürfen nicht aus dem Blick verlieren, „dass nur eine Säule unserer menschlichen Natur ... uns diese Erkenntnisse finden liess, die Säule des Denkens, des Rechnens, des Fernrohrs [das im Himmelskunde-Lehrstück keine Bedeutung hat, U.A.] Wer wollte darauf verzichten, ein ganzer Mensch, ein Mensch mit Kopf und Herz zu sein?“³¹⁵ Daniel Ahrens hat darauf hingewiesen, dass die englische Sprache im Unterschied zur deutschen zwei Wörter für „Himmel“ kennt: „sky“ für den naturwissenschaftlichen Himmel und „heaven“ für den religiösen Himmel.³¹⁶

3. Arbeiten mit Modellen

Die Schüler und Schülerinnen lernen, die Blickrichtung zu wechseln: Bei den Mondphasen bewegt man zuerst die Styroporkugel im Licht um die eigene Person herum. Man beobachtet dabei die Mondphasen aus der Sicht eines Erdbewohners. Dann dreht man die Styroporkugel um den Globus herum, man schaut nun von aussen - so sind auch die Figuren in den Lehrbüchern gezeichnet. Der Wechsel des Standorts ist erfahrungsgemäss nicht selbstverständlich. Insbesondere jüngere Schüler und Schülerinnen müssen das üben und gedanklich durchdringen, bevor sie es verstanden haben. Dasselbe taucht dann beim Modell mit Globus und Glaskugel nochmals auf: Wir schauen von aussen auf die Glaskugel und müssen das in Verbindung bringen mit unserem Blick von der Erde aus.

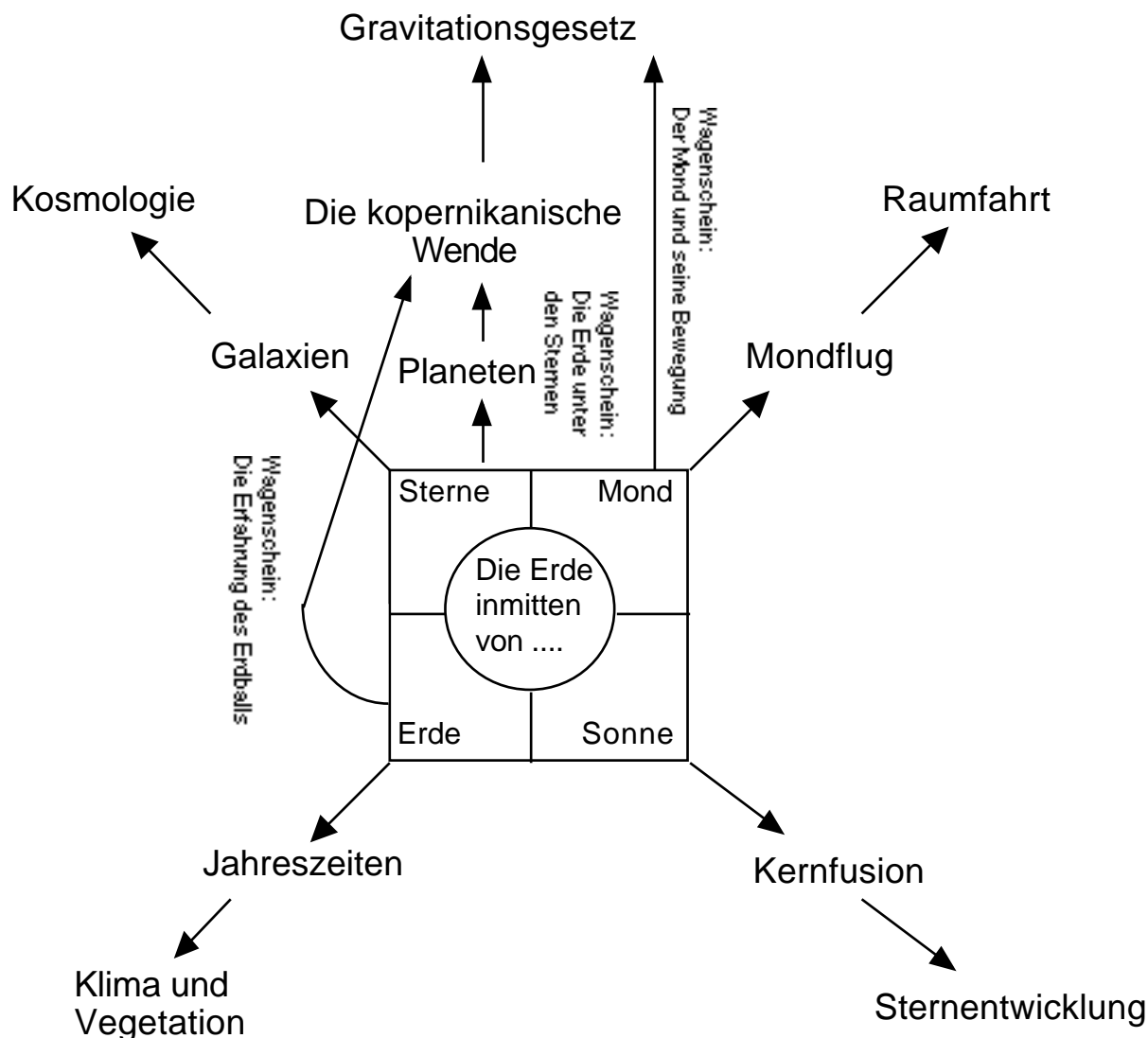
b) Verlauf der Gebirgskette: thematische Landkarte

Die thematische Landkarte zeigt, welche Gebiete vom Inhalt des Lehrstücks erschlossen werden können. Man sieht, dass man von verschiedenen Seiten aus weitergehen kann: zum Beispiel von den Sternen zu heutigen Vorstellungen über den Weltraum (Erde bewegt sich um Sonne, diese ist Teil einer Galaxie, ...), oder von der Erde aus in die Geographie (Klima, Vegetationszonen,...).

³¹⁴ Martin Wagenschein: Natur physikalisch gesehen; S.19

³¹⁵ Martin Wagenschein: Die Erde unter den Sternen; S.51

³¹⁶ Daniel Ahrens: Die beiden Himmel; In: Marburger Lehrkunst-Briefe, Herbst 1994, S.51



In der thematischen Landkarte sind die verschiedenen Wege von Wagenschein eingezeichnet:

1) „Die Erde unter den Sternen“: Der klassische Weg von den Sternen zu den merkwürdigen Planetenschleifen und weiter zum heliozentrischen Weltbild. Wenn wir diesen Weg mit einem Namen verknüpfen, dann ist es Kopernikus.

2) „Der Mond und seine Bewegung“: Von der Bewegung des Mondes wird das Gravitationsgesetz abgeleitet.

Wenn wir diesen Weg mit einem Namen verknüpfen, dann ist es Newton.

3) „Die Erfahrung des Erdballs“: Von der Kugelgestalt der Erde über die Entfernung von Mond und Sonne zur bewegten Erde.

Wenn wir diesen Weg mit einem Namen verknüpfen, dann ist es Aristarch.

4.3.4. Dramaturgisch

4.3.4.1. Die Theatermetapher - im Himmelskunde-Lehrstück

Die Metapher des Theaters hat sich in der Lehrkunst-Didaktik als sehr fruchtbar erwiesen. Viele, wenn auch nicht alle Aspekte der Gestaltung und Inszenierung eines Lehrstücks lassen sich mit diesem Bild deutlich machen. Ich stelle im

Folgendes das Lehrstück „Himmelskunde“ Brechts Schauspiel „Leben des Galilei“ gegenüber. Galilei tritt zwar im Himmelskunde-Lehrstück nicht auf, aber weil er eine der zentralen Figuren in der Geschichte der Astronomie ist, passt dieses Schauspiel natürlich gut in unseren Kontext.

Im Theater gibt es den Autor, der ein Thema anhand einer Figur in eine Folge von Handlungen, in ein Drama, umsetzt, das auf der Bühne aufgeführt werden kann. Der Regisseur inszeniert mit den Schauspielern das Stück und löst dabei beim Zuschauer Reaktionen (Emotionen, Nachdenken,..) aus. Übertragen wir dieses auf die Lehrkunst: Auch hier gibt es den Autor, der sich ein Thema, ein kollektives Lernereignis, auswählt. Im Himmelskunde-Lehrstück ist das Thema die Auseinandersetzung mit dem Himmel, so wie wir ihn sehen und erleben.

Es geht beim Schreiben eines Lehrstück nun darum, eine Grundfigur zu finden, einen „Helden“³¹⁷, an dem das kollektive Lernereignis festgemacht wird. Im Drama ist dies eine Figur, eine Rolle - im gewählten Beispiel von Brecht ist es Galilei -, im Lehrstück „Himmelskunde“ ist es ein „antiker Philosoph“, der sich mit Erde, Sonne, Mond und Sternen auseinandersetzt und aus dieser Auseinandersetzung ein Weltbild entwickelt. Ich habe Anführungszeichen gesetzt, weil einerseits antik nicht streng historisch gemeint ist: Von Magellan, der im Lehrstück auftritt, wusste ein griechischer Naturforscher noch nichts, und es gab auch keine Einteilung in Zeitzonen, keine genauen Uhren usw., und weil andererseits dieser „antike Philosoph“ im Lehrstück nicht als Person auftritt, sondern nur durch seine Sicht der Welt: Wir legen die geozentrische Denkweise der Griechen zugrunde, diskutieren aber die Details (z.B. Weltkarte) auf dem heutigen Stand. Wir erleben Erde, Sonne, Mond und Sterne ja nicht anders als die Menschen der Antike, wir wissen nur mehr darüber und wir müssen deshalb aufpassen, dass sich dieses Wissen nicht vor die „originale Begegnung“³¹⁸ schiebt.³¹⁹

³¹⁷ „Das Lehrstück braucht einen Protagonisten, einen Helden. Der Held ist jedoch keine Person, sondern - ja, wie soll ich sagen - ein Phänomen, ein Gebilde, ein Konzept, das wie eine »Figur« im Drama agiert, das eine »Entwicklung« durchläuft, das in eine »Krise« gerät, das am Ende in einer neuen Gestalt aus den Handlungen und Verwicklungen hervorgeht.“ Theodor Schulze:Lehrstück-Dramaturgie; S.379

³¹⁸ „Die originale Begegnung verlangt immer die wirkliche Begegnung mit dem Gegenstand. ... Es darf nicht nur über den Gegenstand geredet werden, sondern der Gegenstand muss selbst da sein.“ Heinrich Roth: Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens; S.114

³¹⁹ Wolfgang Klafki fragte in diesem Zusammenhang: Wenn das Modell der Glaskugel erarbeitet wird, taucht da nicht die Bemerkung auf, dass die Sterne unterschiedlich weit entfernt sind? Es ist klar, dass viele Schüler das schon gehört und gelesen haben. Im Unterricht tauchte dieses Thema aber noch nie auf. Und wenn dieser Einwand vorgebracht würde, dann wäre das wieder eine Stelle, wo ich antworten würde: Richtig, aber sehen wir das, wenn wir nachts draussen stehen? Erleben wir den Sternenhimmel nicht wie eine Kuppel über uns? Der Nachweis der unterschiedlichen Entfernungen war ja eine ganz schwierige Sache, die erst Bessel 1838 gelang.

Drama im TheaterLehrstück im Unterricht

Bertolt Brecht	Autor	Daniel Ahrens, Hans Christoph Berg Und Ueli Aeschlimann
die Verantwortung des Naturwissenschaftlers	Thema	Die Erde unter den Sternen
Galileo Galilei	Grundfigur	„antiker Philosoph“
im Drama wird der Gang der Handlung beschrieben: Galilei beim Forschen, die Inquisition, die Ver- bannung	Handlung	Aus den vier Teilen: Die Erde (Weltkarte und Globus) Die Sterne (Sternbilder, Sternkarte) Die Sonne (Schattenlinie, Himmelsrichtungen) Der Mond (Mondphasen, Himmelsuhr) bauen wir das Modell der Himmels- kugel mit der Erde im Zentrum auf.
Regisseur, der das Stück inszeniert	Regisseur	Lehrer, der das Lehrstück inszeniert Ueli Aeschlimann
Ensemble des Theaters	Schauspieler	hier ist der Vergleich schwierig: An sich sind es die Schüler, aber es gibt keine festen Rollen und Texte.
Theaterbesucher	Zuschauer	Schüler und Schülerinnen bei der Reflexion des Lernprozesses
Emotionen und Nachdenken auslösen bei den Zuschauern	Ziel	Lernprozesse bei den Schülern, zB. - Sternbilder und ihre Bewegung am Himmel kennenlernen - den Aufbau einer Sternkarte verstehen - Erleben, wie ein Weltbild auf Beobachtungen aufgebaut wird - Einsehen, dass sich ein Weltbild wandeln kann
Hat es den Zuschauern gefallen? Wie fallen die Rezensionen aus?	Beurteilung	Hat es den Schülern gefallen? Was haben sie gelernt? Was sagen Kollegen und Fachleute zum Lehrstück?

4.3.4.2. Fünf Lehrstückmerkmale - im Himmelskundelehrstück

1. Zeitliche Beschränkung: Ein Lehrstück hat einen Umfang von 10 bis 20 Unterrichtsstunden.³²⁰ Die beschriebenen Inszenierungen bewegen sich in diesem Rahmen:

1. Goldern 1990: 10 Stunden für das Lehrstück
2. Langenbruck 1995: 17 Stunden für das Lehrstück, 3 Stunden individuelle Arbeit, 2 Stunden für Zusatz (griechische Tänze)
3. Prés d'Orvin 1996: 12 Stunden für das Lehrstück, 5 Stunden für individuelle Arbeit, 4 Stunden für Zusätze (Diavorträge zu Fernrohr und Planeten, geschichtlicher Überblick, Reflexion: Lehrkunst)
4. Golaten 1997: 12 Stunden für das Lehrstück, 3 Stunden individuelle Arbeit
5. Prés d'Orvin 1998: 13 Stunden für das Lehrstück, 4 Stunden individuelle Arbeit, 0,5 Stunden Zusatz (geschichtlicher Überblick)

2. In sich geschlossener Zusammenhang: Sonne, Mond und Sterne bewegen sich phänomenologisch betrachtet um die Erde herum - auch wenn die einzelnen Teile zunächst unabhängig voneinander stehen, sehen die Schüler und Schülerinnen immer den Zusammenhang. Mit dem Modell der Glaskugel werden die einzelnen Teile am Schluss zu einem ganzen Bild zusammengefügt. Das Zeichnen der Sternbilder auf die Glaskugel knüpft an die Beobachtung unter dem freien Himmel und an die Sternkarte an, die Bewegung der Sonne und der Sterne über dem Globus mit den Kontinenten und Meeren schafft den Bezug zur Weltkarte. Dadurch wird der geschlossene Zusammenhang für die Schüler und Schülerinnen transparent.

3. Selbständiger Charakter: Das Lehrstück muss am Anfang des Astronomieunterrichts stehen. Die Astronomie ist aber oft kein selbständiges Fach, sondern wird im Rahmen des Physik- und Geographieunterrichts erarbeitet, und dort ist das Lehrstück nicht an einen festen Platz gebunden. In unteren Klassen wird die Übersicht über die Erde mit der Weltkarte erarbeitet, in oberen Klassen, wo die Weltkarte bekannt ist, dient die Sequenz mit der Weltkarte zur Vertiefung. Das Lehrstück ist auch so gestaltet, dass die Fortsetzung des Astronomieunterrichts nicht festgelegt ist. Es zielt natürlich auf die kopernikanische Wende. Ob diese aber über die Planetenschleifen oder über Galileis „und sie bewegt sich doch“, obwohl wir nichts davon spüren, erarbeitet wird, ist offen. Die Selbständigkeit des Stücks zeigt auch die thematische Landkarte, die verschiedene Anschlussstellen aufzeigt. Man kann vom Lehrstück aus im Physikunterricht (zum Beispiel zur Gravitation und der Newtonschen Mechanik) oder im Geographieunterricht (zu Jahreszeiten und Klima) oder auch im Geschichtsunterricht (von der griechischen Hochkultur zum finsternen Mittelalter) weitergehen.

4. Konzept und bereicherschliessende Thematik: Ein Menschheitsthema ist die Astronomie ganz bestimmt: Schon frühe Kulturen haben sich damit beschäftigt und daraus den Kalender abgeleitet. In der Seefahrt waren die Sterne als Kompass unerlässlich. Und in der Literatur kann man immer wieder Texte finden, die die Faszination von Mond und Sternen beschreiben.

Ein wichtiges Element der Lehrkunstdidaktik ist das kollektive Lernereignis: In der Astronomie steht das Umdenken vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild als Musterbeispiel eines solchen Paradigmenwechsels. Dieses Thema tritt im

³²⁰ vgl Theodor Schulze: Lehrstück-Dramaturgie;S.361.

Lehrstück zwar nicht auf, aber das Lehrstück schafft die wichtige Basis - das gründliche Erarbeiten und Erleben des geozentrischen Weltbildes -, welche eine notwendige Voraussetzung dafür ist zu verstehen, wie schwierig das Umdenken den Menschen gefallen ist: Das neue Weltbild ist ein gedachtes, aber nicht erlebbares! Und: Es ist nicht irgend ein naturwissenschaftliches Thema, sondern es geht um unser Bild von der Welt! Kopernikanische Wende: Was soll denn gewendet werden, wenn man direkt mit unserer heutigen Vorstellung anfängt? Die Schwierigkeit liegt hier natürlich darin: Wenn wir im Lehrstück den geozentrischen Standpunkt einnehmen, wissen alle Schüler und Schülerinnen, dass es eigentlich nicht so ist, und dieses Wissen - in Form von Scheinwissen - legt sich uns immer wieder in den Weg. Wir können nicht einfach bei den Wurzeln anfangen, sondern müssen diese Wurzeln immer wieder sorgfältig ausgraben und schützen. In einem gewissen Sinne erleben wir damit das kollektive Lernereignis rückwärts: Welche Schwierigkeiten sind zu überwinden, um zu den elementaren Erklärungen, dem Beschreiben, so wie wir erleben, zurückzugehen.

5. Dramaturgische Gestaltung:

Das Lehrstück gliedert sich in sechs Akte:

1. bis 4. Akt: „Die Erde“, „Die Sterne“, „Die Sonne“, „Der Mond“

Diese vier Akte können in beliebiger Reihenfolge inszeniert werden. Diese Freiheit ist ganz wichtig, damit man in einer Astronomiewoche nicht darauf angewiesen ist, am ersten Abend die Sterne beobachten zu können. Das Wetter ist ein zentraler Faktor für die Inszenierung des Himmelskunde-Lehrstücks. Es kann natürlich vorkommen, dass das Wetter eine ganze Woche lang schlecht ist. Meine Erfahrung hat aber gezeigt, dass viel häufiger der Fall eintritt, dass das Wetter veränderlich ist und dass mindestens einmal eine Sternbeobachtung möglich ist. Dann muss man Geduld haben. Man kann mit der Erde beginnen. Man kann auch vor der Woche an einem sonnigen Tag eine Schattenlinie aufzeichnen und diese Zeichnung mitnehmen. Sie kann als Vergleich dienen, wenn während der Woche wieder eine Schattenlinie gezeichnet werden kann, oder sie kann als Ersatz dienen, wenn die Sonne nicht scheint. Und dann hat man vielleicht Glück, dass sich im Laufe der Woche die Sterne zeigen und man die Sternkarte erarbeiten kann. Sollte während der ganzen Woche der Himmel bedeckt sein, würde ich mich entschließen, mit dem Akt „Die Sterne“ zuzuwarten, zu Hause eine Sternbeobachtung organisieren und das Lehrstück erst dann abschließen.

Sollte die Astronomiewoche um den Neumond herum stattfinden, dann müsste der Akt „Der Mond“ vorher zuhause erarbeitet werden. Der Halbmond ist ja am Tag sehr schön zu sehen, so dass ohne Aufwand auch das Beobachten in der Schule möglich ist.

5. Akt: Die Erde inmitten von Sonne, Mond und Sternen

In diesem Akt werden die Erkenntnisse aus den ersten vier Akten verbunden zu einem Weltbild. Ein geozentrisches Weltbild, ohne die Schwierigkeiten der Planetenschleifen, aber ein Weltbild, das auf eigenen Beobachtungen und eigenem Nachdenken beruht, die Voraussetzung dafür, heutige Vorstellungen (heliocentrisches Weltbild, Sonne als Stern innerhalb der Milchstrasse, ..) verstehen zu können.

6. Akt: Von Kopernikus und Galilei zu Hubble

Auf unserer Bergtour haben wir nur die erste Stufe bestiegen. Bis zum Gipfel mit den Erkenntnissen der modernen Astronomie ist es noch ein weiter Weg. Ziel dieses letzten Aktes ist es, einen Ausblick auf die Entwicklung der Astronomie von

den Griechen bis heute zu geben, gewissermassen mit der Seilbahn auf den Gipfel zu fahren.³²¹ Dieser Akt wird als Diavortrag gestaltet.

Diese Gliederung und die Gestaltung des Lehrstücks entstanden nach langem Suchen. Ausgegangen sind wir (Ahrens, Berg, Aeschlimann) von Wagenscheins genetischen Ansatz. Wagenschein zielt aber auf die Erkenntnisse von Kopernikus. In seiner Darstellung kommt das Kennenlernen von Sternbildern, die Orientierung am Himmel mit der Sternkarte nicht vor. Die Erde erscheint nur als Kugel, auf die Geographie - die Kontinente, Länder und Meere - geht er nicht ein. Wir haben uns früh entschlossen, diesen grundlegenden Einsichten mehr Platz einzuräumen, mit dem Preis, auf Kopernikus zu verzichten. Dass wir in unserem Konzept am Anfang die Erde vergessen hatten, merkten wir erst später. Zudem hatte das Stück in der Inszenierung von Daniel Ahrens noch einen linearen Verlauf: Vom Schatten zur Himmelsuhr. Die oben beschriebene Form hat das Stück erst mit der Zeit erhalten. Aufgrund der Erfahrungen beim Inszenieren, der Reflexion dieser Inszenierungen und den Diskussionen in Seminaren und auf Tagungen hat sich das Lehrstück in seiner heutigen Darstellung herauskristallisiert. (vgl. 4.2.1.4. Die Entwicklungsgeschichte des Lehrstücks Himmelskunde).

³²¹ Aufgrund dieses Bildes hat Daniel Ahrens diesem letzten Akt in seinem Unterrichtsbericht den Titel „Der Lift“ gegeben (siehe Lehrkunst, S.88)