

Thomas Schmidt

Die Wissenschaftlichkeit der Astronomie im Unterricht

Nachdem Erika Dühnfort geschildert hat, wie durch liebevolle Zuwendung menschliche Vertrautheit mit der Sternenwelt entsteht, ist die pädagogische Grundlage gegeben, um sich mit »Wissenschaftlichkeit« im Unterricht zu beschäftigen, ohne damit in seelische Leere zu stoßen.

Astronomie und Astrophysik sind Teilgebiete der Physik als Wissenschaft von der unbelebten Natur. Sie haben nur die Besonderheit, daß ihre Objekte dem forschenden Menschen unerreichbar sind und damit nicht experimentell oder technisch manipuliert werden können. Die »experimentelle Astronomie« beschränkt sich auf die Entwicklung von Beobachtungsmethoden, die den unzugänglichen Objekten einen Aspekt von »irdischer Nähe« verschaffen.¹

Bereits in der griechischen Antike hatte sich die Methodik der exakten Naturwissenschaft durch die Astronomie zu großer Vollkommenheit entwickelt: Schon *Thales* (624-546 v. Chr.) beherrschte mathematisch-astronomische Verfahren zur Berechnung von Sonnen- und Mondfinsternissen, und *Platon* (427-347 v. Chr.) galt die Astronomie als höchste empirische Wissenschaft überhaupt, nur die Geometrie und Rechenkunst standen ihm unter den Wissenschaften der Ideenwelt näher.² Dem bedeutendsten Astronom der vorchristlichen Zeit, *Hipparch von Nikaia* (190-120 v. Chr.), gelang es bereits mit erstaunlicher Genauigkeit, den Mondabstand aus der Beschattung des Vollmondes bei einer Finsternis zu berechnen; und daß der Spätpythagoreer *Aristarch von Samos* (310-230 v. Chr.) bei der Bestimmung des Sonnenabstandes scheiterte, lag keinesfalls an seinem an sich außerordentlich scharfsinnigen wissenschaftlichen Vorgehen, sondern an noch nicht entwickelten Verfahren, Meßfehler korrekt einzuschätzen.³ Waren vielleicht die Erfolge der antiken Astronomie mit ein Grund für den Siegeszug der rein quantitativ-mathematisch ausgerichteten abendländischen Physik? So beruft sich auch die moderne Physik unter den antiken Philosophen vor allem auf *Platon* – mit welchem Recht, sei dahingestellt. Noch heute gilt für die Einleitung physikalischer Lehrbücher folgende Aussage als selbstverständlich: »Die Physik geht prinzipiell quantitativ vor, Gegenstand ihrer Forschung sind nur Dinge oder Vorgänge, die sich messen lassen.«⁴ Gegen physikalische Wissenschaftlichkeit in dieser Begrenztheit mag allerdings Waldorfpädagogik teilweise verstoßen, ist sie sich doch bewußt, daß bereits *Platons* Schüler *Aristoteles* (384-322 v.

Chr.) durch seine »Potenzlehre« noch eine andere, in der Neuzeit allerdings wenig beachtete Methode der Naturerkenntnis entwickelt hatte. *Aristoteles* hält neben meßbaren Quantitäten auch unterschiedliche Qualitäten in der Welt für wesentlich.⁵ Er verdeutlicht das am Unterschied zwischen dem gerade »bauenden« und dem gerade »nicht bauenden Baumeister«. Die nur als *Möglichkeit* vorhandene Fähigkeit des »nicht bauenden Baumeisters« ist nämlich keine quantitative Meßgröße – dazu wird sie erst durch den Baumeister, der in der Tat zur *Verwirklichung* schreitet!

Der Qualitätsunterschied von »Verwirklichung« (*enérgeia*) und »Möglichkeit« (*d̃namis*) wurde bei *Aristoteles* durch einen weiteren wichtigen Schritt ergänzt: seine Lehre von den *vier Ursachen*.⁶ Dies sind: die *Stoff-Ursache* (lat.: *causa materialis*), das Material, aus dem die Dinge gemacht sind; die *Form-Ursache* (lat.: *causa formalis*), der Gestaltzusammenhang in der Erscheinungswelt; die *Wirk-Ursache* (lat.: *causa efficiens*), der Grund für den Ursprung eines Vorganges; sowie die *Zweck-Ursache* (lat.: *causa finalis*), das Ziel eines Prozesses in der Welt.

Es ist eine besondere »Geste« in der Entwicklung der Relativitäts- und Quanten-Theorie des 20. Jahrhunderts, daß sich die eindimensionale quantitativ-mathematische Physik trotz mehr oder weniger heftigen Widerstands ihrer ersten Protagonisten *Albert Einstein* (1879-1955) und *Max Planck* (1858-1947) der Natur gegenüber als unzureichend erwies. Die Notwendigkeit entstand, gemessene Verwirklichung (*enérgeia*) von nicht meßbarer Möglichkeit (*d̃namis*) zu unterscheiden. Um diesen Qualitätsunterschied im physikalischen Sein auch mathematisch zu beschreiben, mußte das System der üblichen reellen Zahlen durch die imaginären und sogar noch weitere Zahlensysteme ergänzt werden.⁷

In der »eindimensional-astronomischen« Erkenntnismethode der üblichen Naturwissenschaften findet sich als »Kausalität« nur die aus der Vergangenheit in die Zukunft gerichteten *Wirk-Ursache*; die *Stoff-Ursachen* lösen sich in mathematische Strukturen auf oder werden unhinterfragt hingenommen; die in umgekehrter Zeitrichtung aus der Zukunft in die Gegenwart hineinwirkenden *Zweck-Ursache* hat zwar in der Welt eine erhebliche Bedeutung, jedoch nicht für Naturprozesse, sondern ausschließlich für Menschenwerk, also etwa für die gesamte Technik einschließlich der Herstellung von Experimentiergerät. Die *Form-Ursache* schließlich erscheint in einer rein quantitativ ausgerichteten, »astronomisch« geprägten Wissenschaft für die Naturgesetze ohne Bedeutung, weil in ihr allein die Planung und Phantasie des jeweiligen Forschers für seine konkrete Aufgabe zum Ausdruck kommt.⁸

Dennoch ist eine Naturerkenntnis, für die Gestaltzusammenhänge, unterschiedliche Sinnesqualitäten und der forschenden Mensch selbst wesentlich sind, nie ganz verloren gegangen – auch wenn sie nicht unmittelbar zu techni-

schem Nutzen führt: *Alexander Gottlieb Baumgarten* hat immerhin mit seiner »Aesthetica« 1750/58 die philosophische Ästhetik begründet, die erst etwa 100 Jahre später zu einer Lehre vom »schönen Schein in der Kunst« degenerierte, aber zunächst die »Theorie sinnlicher Erkenntnis« überhaupt war, denn das griechische »aisthetón« bedeutet nichts als »sinnlich Wahrnehmbares«. Unabhängig davon hat dann *Goethe* ab 1780 in seiner Licht- und Farbenlehre und Botanik eben diese von den Sinneswahrnehmungen ausgehende und sie als wesentlich einbeziehende Naturwissenschaft entwickelt und praktiziert. Und auch gegenwärtig finden sich Naturphilosophen, die eine derartige Naturwissenschaft pflegen. Der Darmstädter Philosoph *Gernot Böhme* etwa schildert sein Konzept einer »ästhetischen Naturerkenntnis« am Ende seines Büchleins »Atmosphäre«⁹ so: Es stellt sich »die Frage, ob sich an der Natur, insofern sie Partner menschlicher Sinnlichkeit ist, etwas Besonderes zeigt oder ob sie sich selbst als Besondere zeigt. Um diese Frage zu bejahen, könnte es genügen, die große Tradition der Naturauffassung, für die Namen wie Aristoteles, Goethe und Alexander von Humboldt stehen, anzurufen. Jedoch handelt es sich um eine verdrängte und ... auch verachtete Tradition. Die durchschnittliche Unfähigkeit, sie zu verstehen ... hat ihre Ursache im naturwissenschaftlichen Realismus. Danach ist Wahrnehmung nur ... Instrument, die Natur, wie sie faktisch ist, zu erfassen, nicht aber eine besondere Zugangsweise zur Natur, der eine besondere Erscheinungsweise ihrer entspräche ... *Goethe* hat mit der Morphologie, der Metamorphose der Pflanzen und mit der Farbenlehre eine Naturwissenschaft nicht nur entworfen, sondern durchgeführt, die ganz entschieden im Rahmen des Phänomenalen bleibt: ›Suche nur nichts hinter den Phänomenen, sie selbst sind die Lehre.« ... *Aristoteles, Goethe, Alexander von Humboldt* – sie alle folgten einer Idee von Natur, nach der ihre Wahrnehmbarkeit wesentlich zu ihr gehört, d. h. ... nach der es ein Grundzug von Natur ist, auf Wahrnehmbarkeit hin angelegt zu sein ... Von der Untersuchung molekularer Prozesse bis zur Untersuchung tierischen Verhaltens legt heute die Naturwissenschaft selbst nahe, in Kommunikation einen Grundzug der Natur überhaupt zu erkennen. Damit wird alles, was Naturdinge befähigt, in diesen Zusammenhang einzutreten, zu einem wesentlichen Bestandteil ihres Naturseins.«

6. Klasse – Beginn der »Wissenschaftlichkeit« im Unterricht

Etwa im 12. Lebensjahr beginnt die letzte Phase der Kindheit. Leichtigkeit und Harmonie verwandeln sich mehr und mehr in Schwere, ja Plumpheit, und die Bewegungen werden »knochig«. Diese Veränderung fängt an, bewußt erlebt zu werden. Durch die Schwere und Trägheit des Leibes findet man sich im Jetzt und Hier der Körperlichkeit gefangen, fühlt sich unfähig,

Raum und Zeit nach Belieben zu durchdringen; dadurch wird die Grenzenlosigkeit der inneren menschlichen Existenz empfindlich eingeschränkt. Waren die Knochen bisher im Muskelsystem mit Selbstverständlichkeit aufgehoben, was sich an der relativen Weichheit der Bewegungen zeigte, so werden sie jetzt dominant und greifen wie Hebel in die harte Welt der Dinge ein. Hieran wird nun Ursache und Wirkung lustvoll oder auch schmerzhaft erlebt, und es entwickelt sich dann daraus ein Verständnis für Kausalität.¹⁰

In diesem Lebensalter, in der sechsten Klasse, treten nach den Vorschlägen Rudolf Steiners zum ersten Mal drei neue Fächer im Epochenunterricht der Waldorfschule auf: Die *Geschichte*, die jetzt als kausal bedingte Abfolge von Menschentaten auf der Erde vom antiken Rom bis zum »Heiligen Römischen Reich« des Mittelalters verstanden und nicht mehr als mythologische Bilderwelt erlebt wird, der erste systematische naturwissenschaftliche Experimentalunterricht, die *Physik*, sowie die *Astronomie*, zwar nicht als eigener Unterricht, sondern indem innerhalb der Geographieepoche »andere Teile der Erde berücksichtigt« werden und dann versucht wird, »den Übergang zu finden von den klimatischen Verhältnissen zu den Himmelsverhältnissen«.¹¹

Die *Astronomie* repräsentiert, unverfälschbar durch menschliche Zwecke und Begehrlichkeiten wie sonst kaum eine Wissenschaft, die Kausalketten der »causa efficiens« der neuzeitlichen exakten Naturwissenschaft, woran auch in diesem Lebensalter Waldorfpädagogik durch unangemessen übertriebene Bildhaftigkeit nicht rühren sollte. Es muß schon mit Sachlichkeit und Nüchternheit behandelt werden, weshalb es jenseits der Polarkreise Jahreszeiten auf der Erde geben muß, in denen im Tageslauf die Sonne nicht untergeht, ebenso wie es an demselben Ort auch Zeiten gibt, in denen sie nicht aufgeht, daß es in der entgegengesetzten Polarregion umgekehrt ist und daß es stets Orte in den Tropen nördlich oder südlich des Äquators gibt, an denen mittags die Sonne aus dem Zenit zur Erde herabbrennt. Auch wie diese astronomischen Erscheinungen im Tages- und Jahreslauf die Klimaunterschiede auf der Erde bewirken, sollte in diesem sechsten Schuljahr den Kindern verständlich gemacht werden. – In der *Geschichte*, sofern sie nicht nur als Faktensammlung verstanden wird, zeigt sich Kausalität vor allem als mehr oder weniger bewußte *Zweck-Ursache* im Handeln von Menschen, Menschengruppen und Völkern, deren Zukunftsorientiertheit besonders deutlich wird, wenn man sich auf Rudolf Steiners symptomatologische Geschichtsbetrachtung einläßt¹² und erkennt, wie Anfänge einer Kultur oft erst ihren Sinn durch ihren später folgenden Höhepunkt erhalten. – Der *Physik*-Unterricht nimmt in seinem Verhältnis zur Kausalität eine Mittelstellung ein: Handeln allein ist ebenso unzureichend wie bloßes Erkennen. Das planvolle Aufbauen und – im Sinne der »causa finalis« – sinnvolle Durchführen von Experimenten muß in ein ständig korrigiertes, neu ausbalanciertes Gleichgewicht gebracht werden zu

einer »astronomisch« distanzierter Beobachtungshaltung, die entsprechend dem »wenn – dann« der »causa efficiens« zu Naturgesetzen führt. Weder nur sinnendes Wahrnehmen, noch allein das Benutzen von Musikinstrumenten im Klassenzimmer wird in der Physikepoche der 6. Klasse den Kindern die Gesetze der Akustik erschließen! Ein ständiger Wechsel zwischen handelndem Eingreifen und Zurücktreten in die Distanz ist notwendig. Und von disziplinierten Gefühlen getragene Einfälle sind bei guten Experimentatoren genauso wichtig wie rationale Überlegungen, wenn es darum geht – im Sinne der »causa formalis« – zu der günstigsten Gesamtgestalt einer Versuchsanordnung zu kommen; und natürlich ist für eine gute, stabile Experimentalanordnung auch ein gutes Materialbewußtsein, also die »causa materialis« von entscheidender Bedeutung.

Ferner hat der erste Physikunterricht in der Waldorfschule durchaus den Anspruch, in die *tatsächliche* Forschungsmethodik der exakten Experimentalwissenschaft, wie sie auch heute noch in der Forschung angewandt wird, exemplarisch einzuführen. Das mag vielleicht erstaunen, nachdem doch der deutliche Gegensatz formuliert wurde zwischen der *Aristotelisch-Goetheschen* »Qualitäten-Physik« und der einseitig »astronomischen« Methode der üblichen Naturwissenschaft. Dabei haben wir jedoch noch nicht eine bedeutende Inkonsequenz der modernen Physik bedacht: Nur wenn die naturwissenschaftliche Forschung auf ihre quantitativen Ergebnisse verkürzt und von konkreten Forschungsbedingungen und Forschern abgelöst wird, gilt die erwähnte Eindimensionalität der Wirk-Ursache. Jede *konkrete* Forschungssituation wird jedoch in völlig gleicher Weise wie der Experimentalunterricht der sechsten Klasse auf keine einzige der vier aristotelischen Ursachen verzichten können. Daran ändert auch die Tatsache wenig, daß heute Meßvorgänge automatisiert und Analysen von unmittelbar angeschlossenen Computern übernommen werden und daß der einzelne Forscher in großen Teams die Übersicht über das Ganze verliert; insgesamt bleiben aber die Kompetenz für die ziel- und zweckvolle Planung eines Forschungsvorhabens (»causa finalis«), der Überblick über die sinnvolle Gestalt des Gesamtexperiments (»causa formalis«) und ein gutes Materialbewußtsein (»causa materialis«) unabdingbar. Und so zeigen Biographien von großen Forschern stets noch andere Erkenntniswege als nur die Kausalitätsketten der »causa efficiens«.

C. F. von Weizsäcker etwa schildert W. Heisenberg so:¹³ »Was aber zeichnet nun die gute, produktive Wissenschaft aus? Ich möchte meinen, zunächst eine höhere Fähigkeit zur Gestaltwahrnehmung ... Ich möchte das noch ... erläutern. Als ich als junger theoretischer Physiker Schüler von Heisenberg war, stellte er mir natürlich Aufgaben; ich stellte mir auch selbst Aufgaben und besprach mit ihm, wie ich sie lösen wollte ... Ich mußte also gewisse Gleichungen lösen ..., und wenn ich wieder etwas gerechnet hatte, ging ich zu

Heisenberg und zeigte ihm, was ich gerechnet hatte. Und Heisenberg sah ... überhaupt den Anfang gar nicht ..., sondern ... das Schlußresultat an, dachte ein bißchen nach und sagte: ›Das ist falsch.‹ Und ... ich: ›Ja, wieso?‹ Und er: ›Ja, nein – also so kann es nicht sein.‹ Dann ging er vom Schlußresultat rückwärts hinein in die Rechnung, bis er den Rechenfehler gefunden hatte. In diesem Instinkt war er fast untrüglich. Das ist Wissenschaft. So geht das zu. So geht es in der wissenschaftlichen Erziehung zu ... Was aber zeichnet solche Wahrheiten aus, die wesentlich neue Schritte bedeuten? Was ist das Kriterium, dessen sich diese Gestaltwahrnehmung bedient? Heisenberg hat, wenn man ihn darauf anspricht, gern gesagt ...: ›Natur ist eben mathematisch einfach.‹ ... Wenn man aber Heisenberg noch weiter preßt und fragt: ›Was heißt denn mathematisch einfach?‹, dann kann man ihn auch dazu bringen, zu sagen: ›Das ist eben schön.‹ ... Wenn man aber wissen wollte, was diese Schönheit ist, so müßte man vielleicht auch wissen, was die Schönheit in der Kunst ist. Die Erkenntnistheorie der Wissenschaft und der Ästhetik könnten als philosophische Disziplinen einen gemeinsamen Grund in einer Poetik, einer Lehre vom Gestalten haben. Aber hier bewege ich mich am Rande dessen, was wir wissen, eigentlich schon etwas jenseits dieses Randes. Kehren wir in die Beschreibung der Wissenschaft zurück.«

Im Zusammenhang unserer Betrachtungen wäre hier eigentlich allein gegenüber dem letzten Satz zu fragen, ob es denn wirklich das letzte Wort sein kann, eine solche Abgrenzung zu definieren, durch die wissenschaftliches Tun »eigentlich schon etwas jenseits dieses Randes« von Wissenschaft selbst geschieht.

Kann man Astronomie auf später verschieben?

Aus dem Besprochenen ergibt sich nun auch, warum es pädagogisch bedenklich werden kann, in der sechsten Klasse zunächst die Kausalität nur in Geschichte und Physik einzuführen und in der Astronomie auf später zu verschieben. Blieben nämlich von der Dreiheit »Geschichte – Physik – Astronomie« nur »Geschichte – Physik« übrig, so ist gerade bei wissenschaftlich interessierten Kindern die Gefahr zu einer fatalen Polarisierung übermächtig: Die Physik wird dann zu dem Pol einer reinen Erkenntniswissenschaft hingedrängt, in der der experimentierende Mensch Nebensache ist. Das entspricht zweifellos heutiger »Sachbuch-Popularität«, die diese Dualität pflegt: hier die Resultate der Wissenschaft in farbigen Bildern – dort der Forscher als Titan des technischen Zeitalters! Der mühsame Erkenntnisprozeß zum Verständnis der uns umgebenden Welt verkommt so zur Lösung eines etwas komplizierten Kreuzworträtsels! Gerade in diesem 12. Lebensjahr, in dem sich die Kinder das erste innere Verhältnis zur Ursache-Wirkung-Beziehung in der Welt

erwerben, ist es entscheidend, die Mittelstellung des Menschen im Spannungsfeld zwischen Handeln und Erkennen zu betonen. Das geschieht wirksam nur, wenn die Mitte im Gleichgewicht zwischen Gegensätzen zu erleben ist, nämlich der geschichtlichen Kausalität des menschlichen Handelns einerseits und der astronomischen Kausalität des Erkennens andererseits. Alle drei Aspekte müssen in dieser Altersstufe zu ihren Recht kommen – auch, um unterschiedlichen Interessen der Kinder Rechnung zu tragen.

Warum aber tritt in dieser Dreiheit von kausalitätsbezogenen Fächern die Astronomie in der Waldorfschule nirgends als eigenes Unterrichtsfach wie Geschichte und Physik auf? Die leiblichen Grundlagen für das Begreifen der Gesetze menschlichen Handelns werden schon in den ersten Lebensjahren gelegt, und die Schulreife bedeutet, daß das Kind die Entwicklung des tätigen Ergreifens des Leibes und seiner Glieder im wesentlichen abgeschlossen hat. In der »Volksschulzeit«, dem zweiten Jahrsiebt muß dann durch einen künstlerisch gestalteten Rhythmus das Gefühlsleben harmonisiert werden; wie weit das gelungen ist, zeigt sich dann an den 13- bis 15jährigen Jugendlichen in der Pubertät. In diese Zeit fällt der zuvor besprochene Unterricht, und es sollte pädagogisch selbstverständlich sein, daß trotz exakter Behandlung der Kausalitätsbezüge dennoch nirgends das menschliche Leben und Erleben verloren gehen darf. In der *Geschichte* ergibt sich dieser Bezug fast von selbst, wenn nicht nur äußere Fakten und Jahreszahlen vermittelt werden; in der *Astronomie* jedoch ist die Ergänzung der jetzt menschenfern erlebten wissenschaftlichen Fakten durch das, was auf der Erde geschieht und dort von uns erlebt wird, vom Lehrer in die Hand zu nehmen. So wird die Geographie-Epoche, in die die Astronomie meistens eingebettet ist, immer auch Darstellungen davon enthalten, wie die behandelten astronomischen Fakten auf die Menschen wirken; möglichst lebendige Schilderungen, wie bereits die Lebensumstände der Mittelmeervölker anders als die unsrigen sind, wie sie sich für Eskimos, wie sie sich für die Tropenvölker Afrikas infolge der astronomisch bedingten Klimaumstände gestalten, gehören hierher.

Es ist nicht der Sinn dieses Aufsatzes, mögliche Astronomie-Inhalte lückenlos durch die Unterrichte aller Klassenstufen in Waldorfschulen zu verfolgen,¹⁴ einzelne »Stationen« besonderer Bedeutung seien aber doch noch erwähnt.

9. Klasse: Eigenständiges Urteil erwacht

Treten die Heranwachsenden in ihr 15. Lebensjahr ein, so ist eine neue, bedeutsame Stufe seelischer Entwicklung erreicht. Die jungen Leute sind nicht mehr nur in der Lage, Kausalitäten zu verstehen, sondern sie vermögen plötzlich selbst mit einer Klarheit zu urteilen, die in ihrer Unbestechlichkeit be-

wundernswürdig, deren Unerbittlichkeit aber auch erschreckend sein kann. Diese noch kaum durch menschliche Gefühle abgemilderten Urteile auf sachliche Welttatsachen zu lenken, wo sich menschliche Verletzungen vermeiden lassen, ist ein wichtiger pädagogischer Aspekt des wissenschaftlichen Unterrichts für dieses Lebensalter. »Was der Mensch alles kann«, das ist Thema für die Jungen der neunten Klasse, »wozu ist es nütze« eher für die Mädchen; damit stehen in diesem Alter zunächst technische Anwendungen im Vordergrund – demgegenüber muß die ausgewogene, angemessene Lösung der Erkenntnisfragen selbst noch zurückstehen. Auch die an sich berechtigten Skrupel über die Folgen der Technik bleiben noch mehr im Hintergrund. Aber es sollten jetzt, während zum ersten Mal die *eigene, individuelle* Urteilskraft chaotisch hervorbricht, diese neuen Kräfte klar und eindeutig auf sachliche, menschenbezogene Inhalte gelenkt werden. Bedenkt man, in welcher differenzierenden Weise sich *Rudolf Steiner* sonst um eine Erweiterung der landläufigen Naturerkenntnis bemüht hat, ist es erstaunlich, wie er sich im Konferenzgespräch über die Physikepoche der 9. Klasse ohne viel Federlesens in die Bedürfnisse dieses Lebensalters hineinstellt.¹⁵ »*Steiner*: In der Physik müßten Sie ... zweierlei ... treiben: Erstens Akustik und Elektrizitätslehre, dazu ... Magnetismus, daß die Schüler ganz genau das Telefon verstehen können. Zweitens Thermik und Mechanisches, ... daß die Schüler ganz genau die Lokomotive verstehen können. – X: Im letzten Jahr war eine Teilung der Geographie, indem ich den astronomischen Teil durchgenommen hatte. – *Steiner*: Da käme natürlich im Anschluß daran das Dopplersche Prinzip¹⁶, die Bewegung der Sterne in der Sehrichtung ... Da können Sie das Optische einfügen, was Sie brauchen, um das Dopplersche Prinzip zu erklären. Exkurse aus der Akustik auch mitbesprechen. – X: Ist es berechtigt, aus der Verschiebung der Spektrallinien die Bewegung nach vorne zu schließen? *Steiner*: Warum nicht? ...« Danach wird dann von *Rudolf Steiner* noch darauf hingewiesen, wie der Dopplereffekt bei Sternen mit deren Entfernung zu tun hat. Nimmt man diese Anregungen insgesamt ernst, so ergibt sich für die Physikepoche der 9. Klasse das Thema »Überwindung des Raumes durch Wissenschaft und Technik«: Die Benutzung des Dopplereffektes in der wissenschaftlich-astronomischen Forschung markiert nämlich einen entscheidenden Schritt der Ausweitung des irdischen Entfernungsraumes in den Fixsternkosmos; die Erfindung des Telefons bedeutet den Beginn »echter« Kommunikation durch Übertragung der menschlichen Stimme über beliebige Entfernungen; die Nutzung der Wärmekraft in der Dampflokomotive war der Beginn der von Tier, Wind und Wasser unabhängigen Verkehrstechnik. Die Ausweitung der menschlichen Existenz über die Erde bis zum Ende der sichtbaren Fixsternwelt, das ist in dieser Physik der neunten Klasse dran – aber bitte, ohne dabei den Erdboden unter den Füßen zu verlieren!

12. Klasse: Der Mensch zwischen Kosmos und Erde

In dem für 14- bis 15jährige Heranwachsende berechtigten »Urteils-Fundamentalismus« finden außer »falsch« und »richtig« Zwischentöne ebenso wenig Platz, wie es dem voraristotelischen Naturphilosophen *Zenon* (um 490-430 v. Chr.) unmöglich war, die Bewegung in der Welt zu begreifen, weil doch ein Körper nicht zugleich an einem bestimmten Ort sein kann und wiederum nicht an diesem Ort. Mit dem 17. Lebensjahr verliert das Urteil des jungen Menschen langsam seinen Konfrontationsstil und wird durch differenzierte *Gefühle* zu einem die Welt in ihrer Vielfalt charakterisierenden Element, und auch, wenn Fehler an einem Mitmenschen erkannt werden, ist das kein Grund mehr, ihn abzuurteilen.

Allerdings stehen Erkenntnisfähigkeiten innerhalb eines von Experimenten und anderen Beziehungen zum konkreten Menschsein abgelösten Denkens dem jungen Menschen in der Regel erst nach der Schulzeit, etwa vom 21. Lebensjahr an zur vollen Verfügung – jedenfalls wenn sie mit innerer Souveränität und Verantwortung gehandhabt werden sollen, ohne das Gefüge der verschiedenen menschlichen Seelenregungen zu beeinträchtigen. Und oft entstehen pädagogische Probleme von der 11. Klasse an dadurch, daß unsere Zivilisation dem jungen Menschen vortäuscht, seine Entwicklung sei schon abgeschlossen. Da kann der Hang entstehen, Spezialfähigkeiten einseitig auszubilden, die sich zufällig in den Vordergrund drängen, ohne aber der tatsächlichen Begabungsvielfalt des Heranwachsenden zu entsprechen. So ist es eine wesentliche Aufgabe der Oberstufenpädagogik, trotz zunehmender Berücksichtigung individueller Schülerbedürfnisse, menschenferne Unterrichtsinhalte in menschnahe Gesamtzusammenhänge einzubetten. Daraus ergibt sich, daß *reine* Wissenschaft, wie eben die Astronomie, deren Gegenstände keinen Experimenten zugänglich sind, innerhalb der gesamten Waldorfschulzeit, die ja nur bis zum 19. Lebensjahr reicht, möglichst nur im Zusammenhang mit anderen Fächern wirken sollte, durch die sich unmittelbare Beziehungen zum Menschen ergeben können, wie das von *Rudolf Steiner* in seinem ausführlichsten naturwissenschaftlichen Lehrerkurs in großer Vielfalt angeregt wird.¹⁷ Für die Astronomie geschieht das in der Regel innerhalb des Geographieunterrichtes, wo sie durch Zusammenschau mit dem kosmischen Ort der Menschentaten die für den Heranwachsenden notwendige »Erden-schwere« erhält, kann sich aber auch etwa in einem praktischen Kurs ergeben, in dem Beobachtungsgeräte zunächst erst einmal selbst hergestellt werden. Eine solche Einbettung der Astronomie in größere Zusammenhänge liegt übrigens den menschlich realen Bedürfnissen moderner Forschung ebenso nahe, wie es bereits für die Physikmethodik der sechsten Klasse beschrieben wurde: Bewerber um astronomische Examensarbeiten, von denen bekannt

ist, daß sie seit früher Jugend in ihrer Freizeit nichts anderes als Astronomie mit eigenem Fernrohr betrieben haben, werden in Forschungsinstituten eher kritisch angeschaut, weil sie sich oftmals auf ihrem Weg die Selbständigkeit des Urteils durch zu früh und einseitig betriebene Astronomie verbaut haben.

Die ersten Anregungen *Rudolf Steiners* für die die Waldorfschulzeit abschließende Geographie-Epoche der 12. Klasse zeigen – wenn man sie nur wenig weiterentwickelt – einen geradezu genialen Weg, wie modernste Forschungsmethodik der Astronomie und Geophysik so vermittelt werden kann, daß der konkrete menschliche Bezug dabei nicht verlorengeht: »Wir müßten eben den Versuch machen, ... das Spirituelle nicht nur inhaltlich, sondern auch in der Art der Behandlung hineinzubringen ... Im ganzen, im Prinzip wird die kontinentale Gestaltung ... von außen durch den Kosmos bewirkt. Das ist bei der Konfiguration der Festländer überhaupt der Fall. Das sind Wirkungen des Kosmos, Wirkungen der Sternenwelt. Die Erde ist durchaus ein Spiegelbild des Kosmos, nicht etwas, was von innen bewirkt wird ...«¹⁸ *Rudolf Steiner* hat diese Anregungen zunächst allein aus äußerlichen Rücksichten auf das Abitur verworfen, und damals, vor 75 Jahren, mochten sie auch als unwissenschaftliche Spekulation erscheinen, inzwischen bestätigte sich aber ihre Realität: Die zu *Steiners* Zeiten noch keinesfalls allgemein anerkannte Kontinentalverschiebung hat ihre Ursache in Wärmeströmungen des Erdmantels; deren Strukturen sind, ähnlich wie auch die Tiefdruckwirbel der Erdatmosphäre, auf die Erdrotation zurückzuführen. Nach der Allgemeinen Relativitätstheorie jedoch ist jede Rotation im Universum nicht isoliert vom kosmischen Umkreis, dem gesamten Sternhimmel also, zu begreifen. Alles, was nicht Erscheinung werden kann oder meßbar ist, bleibt nämlich inhaltslos; ohne einen Sternumkreis aber läßt sich eine Rotation im Kosmos nicht feststellen und ist damit unreal. Auch die Wahrnehmung einer Fliehkraft wäre kein Argument, da sie ohne feststellbare Drehung von einer verminderten Schwerkraft ununterscheidbar ist. Zwar wird es im Sinne der oben erwähnten »menschlich angebundenen« Wissenschaft kaum möglich sein, diese Gedanken der Allgemeinen Relativitätstheorie in der 12. Klasse *inhaltlich* auszuschöpfen, aber *methodisch* gibt es durchaus Wege, Erde und Kosmos sinnvoll gegenüberzustellen, von denen einer noch kurz erwähnt sei.¹⁹

In der 12. Klasse steht die Geographie-Epoche unter dem Thema »Der Lebensraum des Menschen zwischen Kosmos und Erde«. Die Thematik des menschlichen Lebensraumes selbst, dieser verletzlich dünnen Haut von einer Ausdehnung von nur etwa 0,1 Prozent des Erdradius, wird von den Schülern selbst erarbeitet und in Aufsätzen und Referaten dargestellt. Der Erdkörper unter unseren Füßen kann bis zur Erdmitte durch die Analyse der zerstörenden Erdbebenwellen erforscht werden. Vom Kosmos über unseren Häuptern erhalten wir Kunde durch materiell nahezu wirkungsloses Licht oder ähnli-

che Strahlen. In dieser Dreiheit *Erdkörper – Lebensraum des Menschen – Kosmos* finden wir in besonderer Weise das Prinzip »Polarität und Steigerung« der Goetheschen Naturerkenntnis ausgeprägt; man kann auch sagen: These – Antithese – höhere Synthese. Wenn die Physikepoche vor der Geographie stattfand, kennen die Schüler bereits dieses Erkenntnisprinzip von seinem optischen Ursprung her, sie erinnern sich, wie im *Goetheschen Urphänomen* aus der Polarität »Licht – Finsternis« im trüben Medium die Farben entstehen, am schönsten in der Natur sichtbar am blau-violetten Hochgebirgshimmel und der rot untergehenden Sonne. Zwischen Geophysik und Astrophysik gehorchen übrigens auch ihre wichtigsten Beobachtungsgeräte einer derartigen Polarität: Hier der *Seismograph*, ein riesiger, Massenklötz, so labil wie irgend möglich tief unten in einer Erdhöhle unsichtbar aufgestellt; er ist so träge, daß er in Ruhe bleibt, wenn sich die bebende Erde an ihm vorbeibewegt. – Dort das astronomische *Teleskop*, ein möglichst materiefreier Hohlraum, von extrem genau bearbeiteten Spiegelflächen begrenzt, auf Bergeshöhen fest im Fels der Erde verankert und weit ins Land hinaus sichtbar. In den menschlich greifbaren Sinnzusammenhang einer solchen Epoche lassen sich dann durchaus modernste Forschungsmethoden und Ergebnisse von Geophysik und Astrophysik einfügen.

Natürlich ist die hier vorgebrachte Schilderung nur eine Möglichkeit. Worauf es aber ankommt, ist, daß der Waldorfschüler nach Ende seiner Schulzeit seinen persönlichen Standpunkt auf der Erde und im Kosmos zu finden weiß. Wie es dabei möglich ist, die Forschungsmethoden der Naturwissenschaft nicht nur ernst zu nehmen, sondern auch pädagogisch sinnvoll zu vermitteln, und welche Bedeutung dabei der Astronomie zukommt, sollte hier angedeutet werden.

Anmerkungen:

- 1 In diesem Sinne ist Weltraumtechnik keine Astronomie, zeigt uns aber, daß der Planetenraum äußerlich betrachtet irdisch zugängliches Objekt der Forschung und auch technischer Nutzung zu werden vermag. Für die Weiten der Fixsternwelt jedoch wird das nach aller Voraussicht nie gelingen.
- 2 Platon: »Politeia«, 7. Buch, im Anschluß an das »Höhlengleichnis«
- 3 Dazu war erst der Schöpfer der modernen Experimentalphysik, Galileo Galilei (1564-1642), in der Lage, dem bewußt wurde, wie sich Genauigkeit durch die Wiederholung von Messungen erhöhen läßt.
- 4 Grimsehl: Lehrbuch der Physik, Band 1, Leipzig 1954
- 5 Aristoteles: *Metaphysik*, Buch 9 (Baumeister-Beispiel in 1046b)
- 6 z. B. Aristoteles: *Metaphysik*, 5. Buch, 994 a
- 7 Bereits bevor E. Schrödinger mit Hilfe von imaginären Größen 1926 seine »Wellengleichung« aufgestellt hatte, wies Rudolf Steiner im 12. Vortrag seines zweiten naturwissenschaftlichen Lehrerkurses »Geisteswissenschaftliche Impulse zur Entwicklung der Physik – Die Wärme auf der Grenze zwischen positiver und negativer

- Materialität« (GA 321, Dornach 1972) auf die Notwendigkeit hin, Differentialgleichungen mit imaginären und sogar überimaginären Koeffizienten einzuführen, um Licht im Zusammenhang mit der Materie und Elektromagnetismus angemessen zu beschreiben. Überimaginäre Zahlen hat dann 1928 P.A.M. Dirac benutzt, um das Elektron sachgemäß zu beschreiben und damit Gedankenschritte zu einer Verbindung von Quanten- und Relativitätstheorie einzuleiten.
- 8 Wie schon angedeutet, zeigt sich allerdings in der Quantentheorie des Lichtes, daß hier die »causa formalis« in makroskopischen Gestaltzusammenhängen von Lichträumen als »dynamis« inhaltlich wichtig ist (vgl. etwa: Thomas Schmidt: Die Photonen der Physik, die Potenzlehre des Aristoteles und das »Imponderabele« nach Rudolf Steiner, Elemente der Naturwissenschaft Nr. 65, 1-16, 1996). Ferner sehen wir an den ökologischen Problemen unserer Erde, daß eine eindimensionale kausal-analytische Betrachtungsweise, die den Gestaltzusammenhang des Erdorganismus insgesamt außer acht läßt, zwar perfekt funktionierendes technisches Gerät zu konstruieren gestattet, aber globalen Zukunfts-Katastrophen hilflos gegenübersteht.
- 9 Gernot Böhme: Atmosphäre – Essays zur neuen Ästhetik, Frankfurt a.M. 1995, S. 180 ff.
- 10 Vgl. Rudolf Steiner: Die geistig-seelischen Grundkräfte der Erziehungskunst (Oxford-Kurs), Vortrag vom 22.8.1922, GA 305, Dornach 1972
- 11 Rudolf Steiner, erster Lehrplanvortrag vom 6.9.1919, GA 295, Dornach 1977
- 12 Rudolf Steiner: Geschichtliche Symptomatologie, neun Vorträge von 1918, GA 185, Dornach 1962
- 13 C.F. von Weizsäcker: Die Einheit der Natur, München 1981, S. 125-127
- 14 Dazu: Thomas Schmidt: Zum Astronomieunterricht an der Waldorfschule (1987), Manuskriptdruck der Pädagogischen Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen e.V. (Bestellung über: Firma DRUCKtuell, Postfach 100 222, 70827 Gerlingen, Fax: 07156-94 43 44)
- 15 Rudolf Steiner: Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart, GA 300, Band I, Dornach 1975, S. 222, Konferenz vom 22.9.1920
- 16 Christian Doppler entdeckte 1842 das Phänomen, daß der Ton von Schallquellen, die sich vom Beobachter entfernen, tiefer klingen; nähern sie sich an, so tönen sie höher als in Ruhe. Bald wurde dann auch der Dopplereffekt des Lichtes entdeckt.
- 17 Nicht ohne Grund hat dieser dritte naturwissenschaftliche Kurs Rudolf Steiners von 1921 den Titel »Das Verhältnis der verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebiete zur Astronomie« (GA 323, Dornach 1983), und bereits im ersten Vortrag wird dort dargestellt, wie die astronomische Erkenntnisart großen Teilgebieten der modernen Naturwissenschaft, vor allem im atomaren und molekularen Bereich, einen außerordentlich einseitigen Charakter gibt.
- 18 Rudolf Steiner: Konferenzen mit den Lehrern der Freien Waldorfschule in Stuttgart, Band III, GA 300/3, Dornach 1975, S. 34 f.
- 19 Ausführlichere Darstellung: Thomas Schmidt: Polarität und Steigerung im Zusammenhang mit der Geographieepoche der 12. Klasse. »Erziehungskunst«, Heft 3/1986, S. 137 ff.

Zum Autor: Thomas Schmidt, geb. 1934 in der Altmark. Humanistisches Gymnasium Halle/Saale. Studium von Physik und Astronomie in Kiel und Göttingen, dort 1961 Promotion in »Sonnenphysik«. Danach Astronom, ab 1970 als Privatdozent in Heidelberg, bis 1984 in Frankfurt. Dort ab 1974 Waldorf-Oberstufenlehrer, ab 1984 in Bielefeld.