

ÜBER DEN STELLENWERT DES PHYSIKUNTERRICHTS AN DEN ALLGEMEINBILDENDEN HÖHEREN SCHULEN

Brigitte Pagana-Hammer

Um zu erörtern, welche Rolle einem bestimmten Unterrichtsfach im Fächerkanon einer AHS zukommt, stellt sich vorab eine Reihe von Fragen: Wozu soll das betreffende Fach beitragen? Was ist insgesamt das Ziel, dem der Unterricht an der AHS zustreben soll? Folgerichtig ist weiter zu fragen, was das betreffende Fach zur Erreichung dieses Ziel beitragen kann? Um die Definition des Inhalts – im vorliegende Fall die schwierige Frage, was Physik eigentlich ist, - und die Beschreibung der Bedeutung des entsprechenden Wissensgebietes für den Einzelnen und für Gesellschaft wird man genauso wenig herumkommen, wie um Überlegungen, wie die Schülerinnen und Schüler an die bewusste Auseinandersetzung mit den Fragestellungen und mit den Erkenntnissen des jeweiligen Gegenstandes heranzuführen seien. Im Folgenden soll der Versuch unternommen werden, diesen Fragen für das Unterrichtsfach Physik nachzugehen.

Bildung im Spannungsfeld zwischen handlungsorientiertem Pragmatismus und humanistischer Utopie

In seinem 2. Vortrag vom 6. Februar 1872 „Über die Zukunft der Bildungsanstalten“ formulierte Nietzsche in Bezug auf das Gymnasium, was von dieser „*angeblichen Bildungsanstalt*“ zu halten ist; „*man wird nämlich finden, dass das Gymnasium nicht für die Bildung, sondern für die Gelehrsamkeit erzieht*“, und dass es neuerdings nicht einmal mehr für diese Absicht, „*sondern für die Journalistik erziehen wolle*.“¹

„*Nietzsche leugnet das Band zwischen Wissen und Bildung, zwischen Wissen und Haltung*“, schreibt Marian Heitger. Trennt man Wissen von Bildung, wird Wissen zum „*verfügbaren Objekt*“, das der Gesellschaft, der Wirtschaft der Politik und, wie schon von Nietzsche kritisiert, den Massenmedien zu Verfügung steht, das „*der Steigerung der Effektivität für gesellschaftliche Zwecke zu dienen hat. [...] Eine immer größer werdende Menge an Wissen, das möglichst schnell und reibungslos dem praktischen Nutzen zuzuführen ist*“, wodurch „*ökonomisches Wachstum und gesteigerter Wohlstand*“ begründet ist.² Der Zusammenhang zwischen Wissen und Bildung wird obsolet. Die Schule steht vor der Herausforderung sich, ohne die gesellschaftlichen Notwendigkeiten zu leugnen, für die Bildung junger Menschen und damit für eine menschenwürdige Gesellschaft zu entscheiden, oder aber Wissen als Ware, anzubieten, deren Wert als Preis, also in Zahlen anzugeben ist.

Damit kommt die Schule unter Druck: Schon die Entscheidung ist ihr allein nicht abzuverlangen. Es ist eine Entscheidung, die von der Gesellschaft mit zu tragen ist. Die gegenwärtigen verzweifelten Versuche, der mieslichen Situation an den österreichischen Schulen, wie sie durch die PISA-Studie attestiert wurde, durch Orientierung an ausländischen Modellen beizukommen, muss daran scheitern, dass die gesellschaftlichen Verhältnisse nicht vergleichbar sind. Es stellt sich die Frage, wer die Entscheidungen zwischen einer Bildungsschule und einer Wissensschule zu

¹ Zitiert nach einem Text von Marian Heitger, der dem Programm des 25. Symposiums des Internationalen Forschungszentrums für Medienpädagogik in Salzburg, 2004, vorangestellt ist. Auch die folgenden Betrachtungen stützen sich auf den genannten Text.

² ebenda.

treffen habe. Die Bildungspolitik sieht sich vor dem gleichen Problem wie die Schule: Sie ist genauso von der Gesellschaft, das heißt von ihren Wählern, abhängig. Es wird von der Entscheidung jedes Einzelnen abhängen, wie sich die Gesellschaft entwickelt, und letztlich, was für eine Schule wir uns wünschen.

In der Zwischenzeit navigieren die österreichischen Schulen wie zwischen Szylla und Charybdis, zwischen evaluierbarem Wissen und Können einerseits und einer Bildung andererseits, die Wissen als Tugend und als Grundlage eines menschenwürdigen Verhaltens sieht. Dem gegenwärtigen Ruf nach der Ganztagschule, die sich immer mehr der Erziehung widmen soll, liegt das möglicherweise unbewusste Verlangen zu Grunde, dem Dilemma zu entrinnen.

Die Ratlosigkeit darüber, was unsere Schule sein bzw. tun soll, manifestiert sich in einer babylonischen Begriffsverwirrung: Kompetenz wird häufig synonym für Bildung gebraucht, Lehrziele werden ganz von selbst zu Lernzielen, wo es doch die Kunst allen Lehrens ist, die Lehrziele des Lehrers zu Lernzielen der Schülerinnen und Schüler zu machen! Wir haben Visionen, Bildungsziele, Unterrichtsprinzipien, ... die Liste ließe sich beliebig erweitern. Zudem konzentriert sich die Diskussion vorwiegend auf Fragen der Methodik, der Didaktik und der Organisation, womit die Finanzierungsfrage nicht ausbleiben kann.

Einer Antwort auf die Frage, wie der Unterricht zu erteilen wäre, muss jedoch zwangsläufig die Frage nach dem, was dabei vermittelt werden soll vorangehen. Darunter sind nicht die in den einzelnen Fächern zu behandelnden Inhalte zu verstehen, sondern die Frage nach dem, was der Unterricht in seiner Gesamtheit den Schülerinnen und Schülern zu bieten hat.

Der österreichische AHS - Lehrplan widmet dem Thema der allgemeinen Ziel die ersten zweieinhalb Seiten des immerhin 27 Seiten umfassenden allgemeinen Teils. Darin findet sich zunächst der gesetzliche Auftrag. Dort heißt es:

„Die allgemein bildende höhere Schule hat im Sinne des § 2 des Schulorganisationsgesetzes an der Heranbildung der jungen Menschen mitzuwirken, nämlich beim Erwerb von Wissen, bei der Entwicklung von Kompetenzen und bei der Vermittlung von Werten. Dabei ist die Bereitschaft zum selbstständigen Denken und zur kritischen Reflexion besonders zu fördern. Die Schülerinnen und Schüler sind in ihrem Entwicklungsprozess zu einer sozial orientierten und positiven Lebensgestaltung zu unterstützen.“

Das Wort Bildung wird hier schamvoll umgangen und durch die „Mitwirkung bei der Heranbildung“ ersetzt. An erster Stelle der Aufzählung dessen, was da dazugehört, steht der Erwerb von Wissen. In den folgenden Leitvorstellungen wird auf den Bildungsprozess eingegangen. Einleitend heißt es, die Schülerinnen und Schüler sollen „im überschaubaren Rahmen der Schulgemeinschaft [...] Fähigkeiten erwerben, die später in Ausbildung und Beruf dringend gebraucht werden“. Neben vielem, was dem Gute, Wahren und Schönen zuzuordnen ist, findet sich auf der verbleibenden knappen Seite dreimal das Wort ‚Information‘, bzw. seine Zusammensetzungen, dreimal das Wort ‚Wissen‘ und jeweils zweimal das Wort Technik bzw. Technologie und Wirtschaft. Es folgen die Aufgabenbereiche der Schule, eingeleitet von den Kapiteln „Wissensvermittlung“ und „Kompetenzen“. Es kann kein Zweifel darüber bestehen, dass Wissen, Information und Kompetenz an unseren AHS an erster Stelle stehen.

Kompetenz hat allerdings nichts mit Bildung zu tun. Das vom lateinischen ‚competere‘ (= zusammentreffen, stimmen, entsprechen, eine Sache zu erreichen suchen oder ihr mächtig sein) kommende englische ‚competence‘ hat dort nur einen unwesentlichen Bedeutungswandel erlitten, und ist zu ‚Zulänglichkeit‘, ‚hinlängliche Befähigung‘, ‚Tauglichkeit‘ und ‚juridischer Zuständigkeit‘ geworden. Als solches hat es in England Eingang in die Erziehungswissenschaften gefunden. Das so genannte literacy-Konzept, welches auch unsere Bildungsdebatte weitgehend beherrscht und die Grundlage der PISA-Studie bildet, stellt einen auf der quantitativ – empirischen Erhebungen messbarer Kompetenzen ausgerichteten bildungstheoretischen Ansatz dar.¹ Dieser Ansatz wird vielfach zur Neuformulierung und Aktualisierung des Bildungsbegriffs herangezogen. Dabei verspricht die quantitativ-empirische Methode im Bereich der Schule Effizienzgewinne und Qualitätssteigerung durch neu generiertes, selbständig erworbenes Wissen. Dieser Wissenserwerb ist handlungsorientiert und bringt außerdem einen Rationalisierungseffekt mit sich. Die Schule konzentriert sich nur auf die so genannten Schlüsselqualifikationen bzw. Schlüsselkompetenzen. Traditionelle Lehrplaninhalte können entfallen, die Lehrpläne können „entrümpelt“ werden, so der terminus technicus. Der Erwerb von trainierbarem, in standardisierten Test abprüfbarem und mit Hilfe von erfolgssicheren Lehr- und Lerntechniken vermitteltem Wissen ist Ziel des Unterrichts. Ressourcen sparend werden gleichzeitig mit Methodenkompetenz, sozialen Kompetenzen, wie z.B. Teamfähigkeit, eine individualisierter Schülerförderung und eine anwendungsorientierte Lebens- und Berufsausbildung vermittelt - nachzulesen im oben zitierten Lehrplan. Die Effizienzgewinne werden durch flächendeckende Evaluationen, internationale Standards und ein konsequentes Bildungsmonitoring sichergestellt. Die Schule wird zu einem „*permanenten multiplem assessment center mit allzeit aktiviert-glücklichen Dauerprobanden*“.²

Die Notwendigkeit einer Reduktion und einer Selbstbeschränkung angesichts der sich tatsächlich rasch entwickelnden Wissenschaften soll hier genauso wenig in Frage gestellt werden, wie die einer angemessenen Evaluierung. Allerdings steht das utilitaristische, pragmatische Paradigma messbarer Lehr- und Lernerfolge in Konkurrenz zu jenem, in dem Erziehung und soziale Kompetenzen angesiedelt sind. Vor diesem Hintergrund gilt es eine Neuformulierung des Bildungsbegriffs und dessen, was Schule sein soll, zu erarbeiten. Wissen ist für die Bildung ein integraler Bestandteil, eine notwendige jedoch keineswegs hinreichende Bedingung. Bildung impliziert sämtliche, für Entwicklung einer sich selbst bewusst werdenden Persönlichkeit wichtigen Bildungsbereiche. Einer davon sei hier herausgegriffen, weil er für die naturwissenschaftliche Bildung von besonderer Bedeutung ist. *Bildung ist das Bestreben des Menschen, das „ihn in den Stand setzt, sowohl sich selbst, als auch seine Beziehung zur Welt in Ordnung zu bringen“*.³

In allen Fällen ist Bildung als ein Prozess anzusehen, der nie zu Ende kommt, und der durch „*fruchtbare Nutzlosigkeit*“⁴ gekennzeichnet ist. In diesem Punkte hebt sich eine solche Neuformulierung des Bildungsbegriffs deutlich vom Ansatz des literacy - Konzepts ab. Menschliche Entwicklungsprozesse bedürfen der Planung und Kontrolle gleichermaßen wie eines individuellen Freiraums, in dem sich Persönlichkeiten entfalten können. Im Rahmen der schulischen Bildung haben aus dieser Sicht

¹ Aus einem Vortrag von Thomas Hubertus Keller: Anmerkungen zur Wiedererinnerung an den Bildungsbegriff aus schulpädagogischer Perspektive. Salzburg, November 2004.

² ebenda

³ ebenda

⁴ ebenda

standardisierte Kerncurricula und kontinuierliche Evaluierung der Schüler- bzw. Lehrerleistung ihre Berechtigung. Qualitätsmerkmale einer Schule sind, wie in allen Organisationen, klarer und zentral abgestimmte Zielvorstellungen, effiziente Umsetzungsstrukturen und transparente Wettbewerbsverhältnisse. Wettbewerb ist ein Motor jedes Bildungsprozesses, solange er sich auf die Sache und auf die Qualität von Problemlösungen konzentriert. Standards oder wie immer man das nennen will, was die Schülerinnen und Schüler bis zu einem bestimmten Alter gelernt haben sollen, sollten dem, was im Englischen als ‚common sense‘ bezeichnet wird entsprechen. Nicht alle Bildungsaspekte sind standardisier- und evaluierbar. Damit kommt der Auswahl der Standards und der Auswahl der Evaluateure eine besondere Rolle zu. Eine inhaltliche, normative Qualitätskontrolle, die Freiräume für pädagogische Kreativität lässt und dem Lernenden einerseits Raum zur Erarbeitung eigener, seine Identität festigender Erkenntnisse gibt, und andererseits das gemeinsame Erarbeiten von Erkenntnissen vorsieht, sind für die Bildung der Schülerinnen und Schüler in gleichem Maß notwendig. Wie diese Vorgaben einem modernen physikalischen Unterricht grundzulegen sind, wird im Folgenden zu erörtern sein.

Die Einheit des Wissens als Bedingung für die Einheit der Bildung

Durch diese Voraussetzung ist die Allgemeinbildende Höhere Schule besonders gefordert. Allgemeinbildung bedeutet, dass sich jedes Fach als Teil der angestrebten ganzheitlichen Bildung der Schülerinnen und Schüler versteht. Das Lehrziel in jedem Fach muss es dann sein, den Beitrag zur gesamten Bildung, den das betreffende Fach leistet, transparent zu machen. Dafür ist die Vermittlung von Kenntnissen einer fachspezifischen Systematik und von Detailwissen bei weitem nicht ausreichend.

Die gymnasiale Form, die Sekundarstufe I und II in einer durchgehenden Schulform vorsieht, steht darüber hinaus noch vor dem Problem, in der Unterstufe gleichzeitig eine tragfähige und ausbaufähige Grundlage für die Weiterführung und/oder für eine berufliche Ausbildung zu schaffen. Die Erlangung eines Pflichtschulzeugnisses mit Erfüllung bestimmter Standards ist gerade hier zu wenig. Die Versuchung sich in der AHS - Unterstufe auf das Notwendige zu beschränken, ist vor allem im Bereich der Natur- und Formalwissenschaften groß. Der Trugschluss hier mit Hilfe von anwendbarem Wissen, von praktischen Fertigkeiten und spezifischen Kenntnissen, die Chancen in einer anschließenden Ausbildung in technischen oder wirtschaftlichen Berufen zu erhöhen, liegt nahe. Das widerspricht nicht nur dem ganzheitlichen Ziel einer allgemein bildenden Schule, sondern beschränkt auch die Möglichkeit später vertiefende Kenntnisse auf verschiedenen anderen Gebieten zu erwerben.

Die Frage nach der Vermittlung von Wissen – Was? Wie viel? und Wie? - drängt sich auf. Francis Bacon prägte in seinem Werk *„Meditationes Sacre“* (1597) das geflügelte Wort: „Wissen ist macht!“ Allerdings meinte Bacon mit dem Wort „Macht“ „Naturbeherrschung“, nicht persönlichen Vorteil. Er steht demnach auf einer Linie mit der soeben entstehenden Naturwissenschaft, die sich von den autoritären Wahrheitsansprüchen des Mittelalters löste, und nun ihrerseits allgemeine, außer Streit stehende Sätze auf der Basis von naturwissenschaftlichen Methoden aufzustellen begann. Trotzdem wurde und wird bis heute seine Philosophie als Rechtfertigung für Naturausbeutung, zügellosen Fortschrittsglauben und eine Überbewertung des Wissens missbraucht.

Dies erhöht den Druck auf die AHS weiter. Das Wort von der Halbwertszeit des Wissens ist zwar angreifbar, tatsächlich wächst die Gesamtheit der heute verfügbaren Informationen ins Unüberschaubare. Marian Heitger schreibt dazu:

„Wenn sich pädagogische Institutionen heute als Einrichtung verstehen, in denen junge Menschen an den Wissensstand unserer Zeit herangeführt werden sollen, wenn pädagogische Institutionen gleichzeitig dafür verantwortlich sein sollen, dass einmal geschaffenes Wissen nicht wieder verloren geht, dann gerät die Pädagogik unter einen kaum zu ertragenden Druck: Der sich ständig vermehrende Wissensstoff scheint sie zu überfordern, scheint einen um die Einheit des Wissens bemühte Lehr- und Lernbegriff als unzeitgemäß zu disqualifizieren, scheint vielmehr neue Lehr- und Organisationsformen zu erzwingen, scheint angesichts der sich auftürmenden Wissensmengen ein neues Bildungsverständnis notwendig zu machen.“¹

Zu diesem Druck trägt die Forderung der Gesellschaft und der Wirtschaft, wissenschaftliche Ergebnisse möglichst unmittelbar in die Praxis umzusetzen, wesentlich bei. Hauptaufgabe der Schule ist es geworden, die Qualifikationen dafür zu vermitteln. Der Widerspruch zum ganzheitlichen Auftrag, der schon im Wort „allgemein bildend“ enthalten ist, ist offenkundig.

Die Antwort, die bislang seitens der Pädagogik und der Bildungspolitik gegeben wurde, erschöpft sich in Strategien zur Bewältigung der Fülle, was bei ständigem Anwachsen der Anforderung notwendigerweise irgendwann zur Paralyse des Systems führen muss. Die sich auf behavioristische Grundlagen stützenden Lerntheorien sind ihrem Wesen nach „Merktheorien“, die das Speichern von möglichst vielen Daten in möglichst kurzer Zeit an die Stelle von Erkenntnis, Verständnis und Argumentationsfähigkeit gesetzt haben.

Was dann, wenn Lernen nicht mehr mit Merken gleichgesetzt wird? Die Wissenslawine kommt dadurch zustande, dass jede neue Erkenntnis weitere Fragen aufwirft. Will man der Entwicklung folgen, wird man sich mit den Fragen auseinandersetzen müssen. Dazu ist es notwendig, einmal erworbenes Wissen als gesichert, als wahr anzuerkennen, weil sonst weiterführende Fragen sinnlos wären. Wissen ist also qualitativ und nicht quantitativ als Ansammlung von Kenntnissen zu verstehen. Behauptet man, etwas zu wissen, wird man um die Begründung dieser Behauptung nicht herumkommen: Es bedarf der Argumentation.

Das bedeutet nicht die Aufgabe von Autorität. Man kann sich zwar nicht auf fremdes Wissen wohl aber auf geprüfte Autoritäten berufen.

„Mit dieser Analyse des Wissensbegriffs muss keineswegs der Gedanke des Vertrauens aufgegeben werden“, schreibt Marian Heitger, „Im Vertrauen auf Glaubwürdigkeit und Redlichkeit, auf die Kraft der Vernunft einer Autorität halten wir etwas für wahr. [...] Aufgabe des Lehrens ist es, dem Schüler durch das Aufsuchen von Argumenten bei diesem Vorgang des „Selbständigwerdens“ zu helfen [...]“²

¹ Heitger Marian (Hg): Die Vielheit der Fächer und die Einheit der Bildung – Innere Schulreform III. Grundfragen der Pädagogik der Gegenwart. Schriftenreihe des Instituts für Medienpädagogik am Internationalen Forschungszentrum für Grundfragen der Wissenschaften. Bd.4. Herder, Wien, Freiburg, Basel, 1984

² ebenda S.18

Im Zeitalter des Internet ergibt sich daraus eines der großen Probleme des Wissenserwerbs: die Vertrauenswürdigkeit von Quellen zu beurteilen. Nur durch die Fähigkeit vernünftiger, selbständiger Argumentation kann es gelingen, das neue Medium sinnvoll zu nützen. Die Gefahr, die von einer Pädagogik droht, welche das Speichern von Daten an die Stelle von reflektiertem Wissen setzt, wird am Beispiel des World Wide Web mit seinen Möglichkeiten der Verbreitung, der Überzeugungskraft und der Anonymität deutlich. Im Umgang mit den Neuen Medien entscheidet sich die Frage, ob ein Mensch in der Zukunft an der Gesellschaft autonom und erfolgreich teilnehmen kann, oder ob er ausschließlich Objekt der Manipulation durch andere wird. Eigenes Einsehen kann nicht ersetzt werden.

Durch die unausbleibliche Verknüpfung von Wissen mit der Person, die solches erwirbt, bewirkt, dass sich Wissen in der Identität des Lernenden als seine Wahrheit zu einem einheitlichen Ganzen ordnet. Es ist Aufgabe des Lehrers, dem Schüler zu helfen, Wissen argumentativ zu erwerben und für sich in einen geordneten Zusammenhang zu bringen.

Gerade in den Naturwissenschaften, wo die Falsifizierbarkeit von Erkenntnissen methodenimmanent ist, lauert durch die rasante Entwicklung die Gefahr, von immer neuen Errungenschaften überrollt zu werden, und durch den „Konsum von Wissensbrocken“ die Übersicht zu verlieren. Deswegen ist im naturwissenschaftlichen Unterricht besonders auf einen ganzheitlichen Zugang zu achten, der in großen Zügen die Zusammenhänge klärt und sich nicht im schillernden Detail verliert. Der vor allem für das Fach Physik immer wieder laut werdende Ruf nach dem „Mut zur Lücke“ hat seine Quelle im Unterrichtsprinzip der quantitativen Daten Vermittlung. Ein ganzheitliches Konzept, das eine stringente Argumentation anstrebt, führt zwangsläufig zur Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit und Ordnung des notwendigen Wissens, jedoch nicht die im Sinne eines Archivs von jederzeit abrufbaren Daten. Konnte quantitativer Wissenserwerb in der Vergangenheit wenigstens noch als unvermeidbar angesehen werden, kann man im Zeitalter der Informationsgesellschaft getrost darauf verzichten.

Bildung im Kontext von Gesellschaft, Wirtschaft und Arbeitsmarkt

Der gesellschaftliche Druck, unter dem sich die Schule heute befindet, resultiert nicht zuletzt daraus, dass die Gesellschaft zu ihrer Entwicklung bestimmter Ressourcen bedarf. Als solche erhebt sie den Anspruch sich Bildungsprozesse nutzbar zu machen. Das manifestiert sich im Lehrplan genauso wie in der Bildungsdiskussion in der immer wiederkehrende Forderung nach der Vermittlung „sozialer Kompetenz“. Was ist soziale Kompetenz? Wie erwirbt man sie? Zielsetzung der schulischen Bildung ist neben dem in der beruflichen Ausbildung dominierenden Sachwissen und der Fachkompetenz oder Qualifikation, die Persönlichkeitsbildung. Letztere zielt nicht nur darauf ab, die Persönlichkeit so zu formen, dass sie sich in die Gesellschaft einfügt, sondern dass sie ihrerseits die Gesellschaft mitgestaltet. Ist ein Mensch in der Lage, den gesellschaftlichen Prozess bewusst zu beeinflussen, verfügt er über soziale Kompetenz. Diese ist nicht von den übrigen Bildungsfaktoren zu trennen. Denn um gesellschaftlich wirksam werden zu können, ist es notwendig die eigenen Lebensumstände und die der anderen, kurz unsere Kultur, zu kennen, sie einer Reflexion unterziehen und darüber mit anderen kommunizieren zu können. Bildung ist die Voraussetzung, um in den kulturellen Prozess, dem unsere Gesellschaft unterliegt, eingreifen zu können. Bildung wird zu einem gesellschaftlichen Wert und zu einem allgemeinen Anliegen.

Warum braucht aber die Wirtschaft Bildung? Unsere Gesellschaft wird heute von unbeeinflussbaren Gegebenheiten bestimmt: Globalisierung, Vernetzung, nationale Grenzen überschreitende Regionalisierung und zunehmende Demokratisierung. Sie sind Resultate von Entwicklungen, die von unserer Bewertung unabhängig sind: Wir müssen mit ihnen leben und umgehen lernen. Selbstverständlich sind auch wirtschaftliche Prozesse und Entscheidungen von diesen Voraussetzungen bestimmt.

In einem vernetzten, globalen System kann das gegenseitige Abjagen von kleinen, einzelnen Vorteilen nicht mehr funktionieren. Die Konzerne reagieren adäquat: Sie fusionieren, der wahre Konkurrenzkampf spielt sich günstigstenfalls in den Entwicklungsabteilungen, meist aber auf den Börsen und im Marketing ab. Produkt, Produktion und Verbraucher sind dabei nebensächlich. Wirtschaftliche Schwierigkeiten und daraus resultierende soziale Spannungen, sind vor allem in den demokratischen Ländern nur schwer in den Griff zu bekommen.

Worauf kann sich die Gesellschaft also in Zukunft stützen? ‚Sharing‘ – ein adäquates deutsches Wort steht aus - erscheint viel versprechend: Gemeinsamkeiten zu nutzen, wo dies für alle Beteiligten von Vorteil ist, verhindert sinnlose Konkurrenz, Vergeudung von Ressourcen, Fehlentwicklungen am Arbeitsmarkt, etc. Zweitens erscheinen das Ausfüllen von Marktlücken und Innovation geeignet, der eigenen Volkswirtschaft Vorteile zu verschaffen, die unseren Wohlstand erhalten.

Beides erfordert Akzeptanz gegebenenfalls etwas an gewohnten Vorteilen abgeben zu müssen. Zumutbar ist das nur dann, wenn dafür auf anderen Gebieten neue, positive Entwicklungen zu erwarten sind. Wie erreicht man diese Akzeptanz? Um solche Kompensationsmöglichkeiten zu erkennen und nutzen zu können, ist Flexibilität und Offenheit für Neuerungen notwendig. Die Menschen müssen sich bewusst und aktiv an den Veränderungen unserer Zeit zu beteiligen und daraus neue Lebensqualität zu schöpfen. Dazu müssen sie in die Lage versetzt werden, sich selbstständig Informationen zu beschaffen, sie zu selektionieren, nach subjektiven und situationsbezogenen Erfordernissen umzusetzen und erneut zu kommunizieren.

Damit sind wir bei der Bildung: Versteht man nämlich unter Bildung einen weit über den Erwerb kognitiven Wissens hinausgehenden Prozess, der erfordert, eigene Erkenntnisse zu gewinnen, diese umsetzen zu können (heute nennt man das gerne „Problemlösungskompetenz“) und ihre Umsetzung der Gemeinschaft nutzbar zu machen, ermöglicht das die Akzeptanz selbst von nicht unmittelbar vorteilhaften wirtschaftlichen Maßnahmen und eine weitgehende Ausnützung der verfügbaren Ressourcen. Die ungeheure soziale Bedeutung von Bildung liegt auf der Hand. Zeitgemäßes, fortschrittliches Denken ist nach oben Gesagtem nur durch Bildung zu erreichen. Bildung ist in Folge dessen für das Funktionieren einer modernen Wirtschaft eine unabdingbare Voraussetzung.

Bildung und Ausbildung

Die dargestellte Koppelung von Bildung und Gesellschaft einerseits und Bildung und Wirtschaft andererseits erfuhr in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts eine Unterbrechung. Die Tendenz Lebenschancen ausschließlich als Aufstiegschancen zu sehen, führte zur Abkoppelung des Bildungssystems vom Beschäftigungssystem. An die Stelle einer Bildungsgesellschaft trat eine Erwerbsgesellschaft, was eine kulturelle Krise auslöste und zur Ausrufung des „Bildungsnotstandes“ führte. Die Orientierung an den Bedürfnissen der der Wirtschaft ist zwar nicht a priori verwerflich, führt jedoch zu in jedem Bildungsprozess unmittelbar limitierenden, kurzfristigen

Verwertungsüberlegungen und im Rahmen der AHS zu einer Aufwertung des Berechtigungswesens¹. Gegenströmungen, die die Entfaltung des Einzelnen vorsahen und Bildungswege, die langfristig auf eine tragfähige breite Allgemeinbildung aufbauen, erschienen unwirtschaftlich ja fast utopisch. Die Folgelasten dieser Entwicklung blieben unberücksichtigt.

In der öffentlichen bildungspolitischen Diskussion verlor sich unter dem Druck der Wirtschaft und der Gesellschaft zunehmend der Unterschied zwischen Bildung und Ausbildung. Schule wurde vornehmlich als Ausbildungsstätten gesehen, und Bildung tendiert bis heute allgemein zur Anpassung an Arbeitsmarkt und Wirtschaft. **Die neue Allgemeinbildung**

„die nur mehr wenig mit dem traditionellen allgemein bildenden Fächerkanon gemeinsam. Sie zielt auf Ausbildung von Kompetenzen ab, die eher in die Richtung moderner Arbeitstugenden weisen als das Bildungsziel eines mündigen Menschen, der sein Leben nach selbst erkanntem Sinn ausrichtet, in den Blick zu nehmen.“²

Dabei setzt sich offenbar eine Bildungs- und Ausbildungsethik durch, bei der vor allem Fähigkeiten und Kenntnisse zählen, *„die den Leuten erlauben, von Job zu Job, von Aufgabe zu Aufgabe zu wechseln. Und fast mehr noch als auf Handfertigkeit und Wissen kommt es dabei auf soziale Anpassungsfähigkeit an“*.

Bei dieser „Verberuflichung aller Bildung“ ist der Physikunterricht wegen der Nähe der Physik zur Technik und Technologie besonderen Gefahren ausgesetzt. *„Es ist eine erkenntnistheoretische Betrachtung möglich, welche aufzeigt, dass Bildung auf dem Fragewort Was beruht, während bloße Ausbildung sich mit dem Wie begnügt.“³*

Um diesem ‚Was‘ im Lichte eines ganzheitlichen Bildungskonzeptes in Hinsicht auf den Physikunterricht näher zu kommen, muss man sich mit dem Wesen der Physik auseinandersetzen.

Was ist Physik?

Dieser Frage wird fast in allen Lehrbüchern gleich am Anfang kurz und mit bescheidenen Resultaten nachgegangen. Kein Wunder, denn die Fragestellung ist - so gestellt - unerlaubt. Es handelt sich hier nämlich um die Frage nach dem Wesen der physikalischen Methode, auf die es, nach Herbert Pietschmann, keine eindeutige Antwort gibt.⁴ Die Methode der Physik selbst, wie die Methode der Naturwissenschaften im Allgemeinen, ist ein Verfahren, das sich als zweckmäßig erwiesen hat. Die Aussage, die Methode sei richtig oder falsch, ist unzulässig. Der Anspruch auf beweisbare Richtigkeit ist Sache der Formalwissenschaften und

¹ Dr.-Karl-Renner-Institut: Meister, die vom Himmel fallen. Beiträge zu Qualität und Chancengleichheit im Bildungssystem. Wien, 2000. S. 16

² Elke Gruber: Die schöne neue Bildungswelt? Bildung und Weiterbildung in Modernisierungsprozessen. In: Dr.-Karl-Renner-Institut: Meister, die vom Himmel fallen. Beiträge zu Qualität und Chancengleichheit im Bildungssystem. Wien, 2000. S. 147

³ Max Thürkauf: Vom Bildungsauftrag der Naturwissenschaften. In: Marian Heitger (Hg): Die Vielfalt der Fächer und die Einheit der Bildung. Innere Schulreform II. Veröffentlichungen des internationalen Forschungszentrums für Grundfragen der Wissenschaften. Herder, Wien-Freiburg-Basel, 1984. S. 35.

⁴ Pietschmann Herbert: Wirklichkeitsvorstellungen und Physikunterricht. In: Plus Lucis 1/98. Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts - Österreichische Physikalische Gesellschaft Fachausschuss Lehrer an Höheren Schulen. Wien, 1998. S. 3,

beschränkt sich aus Sicht der Physik auf ihre mathematische, logische Darstellung: Rechnungen und Schlüsse können richtig oder falsch sein. Die Frage lautet also besser: Was tut die Physik? So kommt man dem Gegenstand der Physik schon näher.

Die Physik der Neuzeit seit Galileis „nuova scienza“ beruht nicht auf der Erfahrung im aristotelischen Sinne der Weltbeobachtung, sondern auf dem Experiment. Daraus ergeben sich häufig nicht aufzulösende Widersprüche. Experimente sind nämlich Abstraktionen, die erlauben einen bestimmten physikalischen Zusammenhang unter ganz bestimmten Voraussetzungen zu beobachten. Die daraus abgeleiteten physikalischen Gesetze beschreiben nicht die erfahrbare Lebenswelt, sondern vereinfachte Modelle derselben. Erst die Wechselwirkung von Denken und Handeln, von Theorie und Experiment, liefern eine verlässliche Beschreibung der Natur und ermöglichen seitens der Wissenschaft das Eingreifen in die Natur.

Der Übergang zur modernen Naturwissenschaft und Technik und das damit verbundenen Dilemma des Menschen hat Goethe seinem „Faust“ personifiziert auf die Bühne gestellt. Die Frage nach dem, „was die Welt im Innersten zusammenhält“ ist für Faust eine Frage der Macht über die Natur und die Menschen – also des Machbaren. Im Prolog modifiziert er das Johannes-Evangelium für seine Zwecke:

*„Geschrieben steht: ‚Im Anfang war das Wort!‘
Hier stock ich schon! Wer hilft mir weiter fort?
Ich kann das Wort so hoch unmöglich schätzen,
Ich muss es anders übersetzen,
Wenn ich vom Geiste recht erleuchtet bin,
Geschrieben steht: ‚Im Anfang war der Sinn.‘
Bedenke wohl die erste Zeile,
Dass die Feder sich nicht übereile
Ist es der Sinn, er alles wirkt und schafft?
Es sollte stehn: ‚Im Anfang war die Kraft!‘
Doch auch indem ich dieses niederschreibe,
Schon warnt mich was, dass ich dabei nicht bleibe.
Mir hilft der Geist! Auf einmal seh ich Rat
Und schreibe getrost: Im Anfang war die Tat!-,¹*

Der Paradigmenwechsel könnte deutlicher nicht zum Ausdruck kommen. Die Naturwissenschaft ist von vom Denken und von der Sinnggebung, der Frage nach dem Wesen der Dinge, abgegangen und zur Tat geschritten. Was Goethe in seinem Werk – und nicht nur im „Faust“ - thematisiert, ist ein auf Verständnis der Naturwissenschaften, das davon ausgeht, man könne mit den physikalischen Modellen ein Abbild der Realität (von ‚res, der Sache‘) herstellen, das mit dem Fortschritt der Naturwissenschaft immer getreuer wird. Letztendlich führt das zu der positivistischen Vorstellung durch schrittweise Annäherung zu einer lückenlosen Kenntnis und damit Beherrschbarkeit der Natur zu gelangen. Zum Zweck der Vermehrung physikalischen Wissens, dürfte der Realismus, die Kenntnis der materiellen Welt und deren Gesetzmäßigkeiten, kurz dessen was ‚Sache‘ ist, genügen.

¹ Goethe Johann Wolfgang von: Faust Erster Teil, Studierzimmer. In: Goethe: Werke, Hamburger Ausgabe, Bd.3, Dramatische Dichtungen I. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1982. S. 44.

Spätestens seit den Einsichten der Quantenmechanik ist diese Sicht der Realität in der Physik unhaltbar geworden.¹ An die Seite einer möglichst lückenlosen Beschreibung der Realität tritt die Konstruktion von Wirklichkeit (von ‚wirken, Wirkung haben‘). Es geht darum, die Wirkungen der physikalischen Einsichten und Gesetzmäßigkeiten und der aus ihnen folgenden Handlungen zu einem Weltbild zu verdichten. Dieses basiert auf einer in der Gegenwart konsensfähigen Konstruktion der Wissenschaftler und ist demnach veränderlich und unsicher. Erkenntnisse darüber können ausschließlich durch das Nachvollziehen der zum Konsens führenden Argumentationen oder deren Widerlegung gewonnen werden.

Die Physik beschäftigte sich von jeher mit der Konstruktion von Weltbildern, mit dem, was wir Wirklichkeit nennen. Immer wieder - nicht nur im finsternen Mittelalter, sondern auch in unseren Tagen - wurden diese Konstruktionen mit dem verwechselt, was Physik tatsächlich ist oder zu sein hat, und so untrennbar mit der Wahrheit, die eine Sache des Glaubens ist, verbunden.

Der Wandel naturwissenschaftlicher Weltbilder – revolutionäre Konstruktionen einer Wirklichkeit?

Als die Griechen zirka 600 Jahre vor unserer Zeitrechnung begannen, die Natur aufgrund der ihr innewohnenden Gesetzmäßigkeiten zu erklären und den Anspruch auf Richtigkeit und Nachprüfbarkeit der Erklärungen zu erheben, konnten sie bereits auf eine große Menge an teilweise gut aufgearbeitetem Wissen zurückgreifen. In Ägypten und Mesopotamien war bereits 2000 v. Chr. die Schrift und grundlegende Kenntnisse über Mathematik und Geometrie bekannt. Die Assyrer beobachteten nachweislich bereits 1000 v. Chr. Mond- und Sonnenfinsternisse und schon vor 500 v. Chr. die Bewegungen der Planeten. Ihre Vorstellungen über das Weltall gingen allerdings nicht über Mythen hinaus. Die griechische Philosophie erlebte ihre Blütezeit mit Sokrates, Plato und Aristoteles, der sich als einziger der griechischen Gelehrten von den Ideen der arabischen Wissenschaft löste. Sein Weltbild beherrschte über 2000 Jahre die abendländische Wissenschaft. Die in der Antike übliche schöne Ordnung, in der alle Dinge ihren Platz hatten, die sie ihrer Natur gemäß einzunehmen bestrebt sind, fand in der christlichen Vorstellung einer göttlichen Ordnung ihre Entsprechung, sodass Thomas von Aquin das aristotelische Weltbild mit der christlichen Ideologie mühelos in Einklang bringen konnte, worauf sich die Autorität von Kirche und Staat bis zu Beginn der Neuzeit stützte².

Die Erfindung der Naturwissenschaften im heutigen Sinn stand am Ende einer Entwicklung, die vom Mittelalter in die Neuzeit führte. Entscheidend dafür war, dass an die Stelle der Diskussion um die institutionalisierte Wahrheit und um Autoritäten die Schaffung von Wirklichkeit getreten ist. Aristoteles schloss durch Deduktion von allgemeinen Sätzen auf deren Anwendung. Galilei gelangte durch Hypothesen, von denen er mit Hilfe des Experimentes falsche Hypothesen ausschloss, zu allgemeinen Sätzen und durch deren Anwendung zu Handlungsketten mit gesicherten Ergebnissen. Die Naturwissenschaften hatten *„eine Methode gefunden, Materie in Raum und Zeit in einer Weise zu beschreiben, die keine Grenzen zu kennen scheint,*

¹ Pietschmann Herbert: Wirklichkeitsvorstellungen und Physikunterricht. In: Plus Lucis 1/98. Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts - Österreichische Physikalische Gesellschaft Fachausschuss Lehrer an Höheren Schulen. Wien, 1998. S. 5,

² Simonyi Károly: Kulturgeschichte der Physik. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1990.

[...]“¹. Seitdem kommen naturwissenschaftliche Erkenntnisse konsequent unter der Voraussetzung, es gebe nur Materie zur Anwendung. Die Wechselwirkung von Naturwissenschaft und Technik begründete den Fortschritt. Die Menschen waren von seinem Segen überzeugt. In jüngerer Zeit werden Zweifel daran laut, und die Begriffe Fortschritt und Verbesserung werden nicht mehr unwidersprochen gleichgesetzt. Die Frage, wie man sich heute zu Naturwissenschaft und Technik stellen sollte, wird laut. „[...] es gelingt nicht, zwischen Forschung, die von Nutzen ist, und der, die **nur** Erkenntnisse bringt, zu unterscheiden, [...]“². Welche Forschung sollte man - vor allem im Unterricht - ausklammern? Die Frage ist so nicht zu stellen. Ausgehend von unserem heutigen Kenntnisstand ist die Entscheidung zu treffen, wo Fortschritt tatsächlich Verbesserung bedeutet. Das bedeutet, dass wir uns dessen bewusst sind, dass unsere Weltbilder Wirklichkeitskonstruktionen sind, die Veränderungen unterliegen, und in diesem Bewusstsein an ihrer Veränderung teilhaben. Ziel des physikalischen Unterrichts muss es sein, die Voraussetzungen dafür zu schaffen.

Im Rückblick lässt sich feststellen, dass physikalisch Weltbilder in der Vergangenheit stets ihrer Veränderung einen erheblichen Widerstand entgegengesetzt haben. Wie Thomas Kuhn in seinem Buch „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ (1962) feststellt, sind wissenschaftliche Paradigmen zählebig und erwecken den Eindruck einer kontinuierlichen Entwicklung. Tatsächlich finden Wechsel in den Paradigmen jedoch schlagartig statt. So rückte die kopernikanische Revolution den Menschen jäh aus dem Zentrum des Universums an dessen Rand. Dass Einsteins Theorie und die Heisenbergsche Unbestimmtheit die Weltsicht verändert hat, ist langsam ins allgemeine Bewusstsein gedrungen. Jedoch ist das nächste Paradigma noch nicht absehbar.³

Die Wissenschaftsentwicklung erfolgt nicht geradlinig und zielstrebig. Gernot Eder führt das in seiner „Interpretation der Quantentheorie“ systematisch vor⁴. Haben wir bei der Frage, was Physik eigentlich sei, noch von einem Abbild der Realität als möglichen Zugang gesprochen, stellt sich jetzt heraus, dass wir es mit Realitätstypen zu tun haben. Ein Beispiel: Elektromagnetische Felder manifestieren sich einerseits als Kraftfelder für elektrische Ladungen und Ströme, andererseits als Lichtquanten, mit definierter Energie, Wellenlänge und Polarisation. Um elektromagnetische Felder als real bezeichnen zu können, müssen erst verschiedene Voraussetzungen erfüllt sein. Genauso muss man sich zur Definition dessen, was als ein physikalisches System betrachtet wird, erst über die Definition von Messgrößen und über die Methode ihrer Bestimmung einig werden. Die Realität verliert in der modernen Physik ihren Anspruch auf allgemeine Gültigkeit. Ähnliches gilt für die Anschauung. Das optische Erkennen erfolgt durch Vergleich der Sinneswahrnehmung mit im Gedächtnis Gespeichertem und ist von Gewöhnung, Übung und nicht zuletzt von der der Kultur abhängig. Gerade die scheinbar so unexakte Anschauung hat nach Eder wesentlich zum besseren Verständnis der Quantenphysik beigetragen.

¹ Fasching Gerhard, Pietschmann Herbert: Fortschritt von Technik und Naturwissenschaft: Wohltat oder Plage? Wiener Vorlesungen, Picus, Wien, 1996. S.51.

² ebenda. S. 54

³ Macrone Michael: Heureka! Das Archimedische Prinzip und 80 weitere Versuche, die Welt zu erklären. Eine kleine Geschichte unseres Denkens von der Antike bis heute. Marixverlag-Wiesbaden, 2004. S 116f.

⁴ Eder, Gernot: Ist Physik universal? Series „Classic of World Science“, Vol. 3, Timpani, Kiew. 2003

Außerdem haben die Relativitätstheorie und die Quantenphysik die Interessen und die Zielvorstellungen der Physiker stark gewandelt. Bis zum Jahr 1930 schien die Grundstruktur der Welt einfach zu sein. Bei der Beantwortung noch einzelner Fragen entdeckte man eine Unzahl neuer Elementarteilchen und zwei zusätzliche Krafttypen. Damit war aus der überschaubaren Grundstruktur eine Fülle neuer Fragen erwachsen, und machte die eine vereinheitlichende Theorie erstrebenswert. So kam es, dass mit Ende des 20. Jahrhunderts wieder einmal die wesentlichen physikalischen Probleme gelöst erschienen - nur die Gravitation entzog sich dem Einbau in das Standardmodell. So verlor das Modell an Genialität und Eleganz. Eine Neuformulierung steht mangels an Einsicht und an, das Verständnis fördernden Vorschläge bislang aus. Die Physiker sehen sich heute vor der Situation, zwar die fundamentalen Teilchen und die Kräfte der Materie gefunden zu haben, sind aber gleichzeitig unzufrieden, weil es in den Gleichungen noch immer zahlreiche ungeklärte Parameter gibt. Man sieht: Jede Entdeckung wirft automatisch eine Reihe von neuen Fragen auf, wodurch die Forschungslandschaft expandiert. Nun tragen der Übergang zur Quantenphysik und die dargestellte Entwicklung in vieler Hinsicht die von Kuhn genannten Symptome einer Revolution. Allerdings widerlegt Eder die Kuhnsche These von der Revolution im Bezug auf die Quantentheorie, unterstreicht aber die Nützlichkeit des Paradigmenbegriffes, weil er die Diskontinuitäten in der Wissenschaftsentwicklung aufzeigt.

Für den physikalischen Unterricht ist die Vermittlung eben dieser Bruchstellen von Bedeutung. Innerhalb eines neuen Paradigmas wird *„ein Zusammenhang zwischen Phänomenen oder Gesetzmäßigkeiten offenbar, der im alten Paradigma [...] verborgen bleiben musste.“*¹ Die Tatsache, dass Denkformen nicht starr und unveränderlich sind, und dass Gebäude naturwissenschaftliche Erkenntnisse nicht eine starre Konstruktion ist, sondern einer ständigen Entwicklung unterliegt, ist eine Voraussetzung für einen modernen Physikunterricht, der sich die den Zugang zu einem aktuellen Weltbild zum Ziel setzt.

Paradoxerweise bringen gerade Realitätsansprüche den physikalischen Unterricht in Schwierigkeiten. Wird der Charakter physikalischer Modelle als einem bestimmten Paradigma zugeordnet erkannt, tritt durch den Erkenntnisgewinn an Hand von Modellen kein Widerspruch zur Vielfalt jener Welt ein, die wir als Wirklichkeit erleben. Werden hingegen die physikalischen Modelle fälschlich als Abbildungen der Realität und die daraus abgeleiteten Sätze als Dogmen angeboten, kann der Bezug zur Lebenswirklichkeit nicht hergestellt werden. Der Widerspruch führt zur Abkehr von der Physik und häufig zur Hinwendung zu ihrer unreflektierten Anwendung in der Technik.

Physik versus Technik – oder gibt es die naturwissenschaftliche Realität?²:

Worauf können wir uns also verlassen? Technik bringt uns Nutzen, ist sie jedoch angesichts der hier dargestellten prekären Voraussetzungen auch segensreich für die Menschheit?

Unter „*τεχνη* –*Techne*“ verstand man im Altertum die handwerklichen Künste, die im weiteren Verlauf der Geschichte durch zweckvolle Nutzung der

¹ Eder, Gernot: Ist Physik universal? Series „Classic of World Science“, Vol. 3, Timpani, Kiew. 2003. S. 105.

² Die folgenden Ausführungen greifen zurück auf: Gerhard Fasching/Herbert Pietschmann: Fortschritt von Technik und Naturwissenschaft: Wohltat oder Plage? Wiener Vorlesungen, Bd. 48. Picus - Wien, 1996

naturwissenschaftlichen Erkenntnisse das hervorbrachten, was wir heute unter Technik verstehen. Ursprünglich bedeutete Wissenschaft im griechischen Altertum das

„ehrfürchtige Staunen des Menschen, der die Ordnung und der Welt und der Natur verstehen will. Sowohl Aristoteles als auch Plato haben den Forschungstrieb aus diesem Staunen heraus erklärt.“¹

Es geht dabei nur um Erkenntnis und nicht um Anwendung dieser Erkenntnis, wobei der Gegenstand der Erkenntnis nicht isolierte Fakten sind, sondern die Ordnung der Natur im Ganzen. Das ursprüngliche Ziel der Naturwissenschaften war die Erkenntnis und die Deutung von Zusammenhängen, das Begreifen vom Wesen der Dinge und nicht die Nutzung irgendwelcher Eigenschaften. Selbst Archimedes, verachtete seine Erfindungen als geometrische Spielereien und sah sie nicht als technische Errungenschaft - trotz der Legende mit der Krone!

Christliches Denken, der biblische Auftrag, sich die Erde untertan zu machen, und die an einer Endzeit orientierte Heilserwartung ersetzten das Kreislaufdenken der Antike und anderer z.B. östlicher Philosophien folgerichtig durch ein lineares Denken und führte zur Vorstellung einer unausweichlichen Kausalität. In der Renaissance, exakt mit Galileo Galilei um 1600, begannen die Naturwissenschaften und die Technik zu verschmelzen. Die Erkenntnis, dass den natürlichen Vorgängen gewisse Regeln zu Grunde liegen, hat zu einem Verständnis der Vorgänge in der Natur geführt. Daraus folgte eine systematische Erfassung der Regeln und Einsichten, die schließlich zum Gedanken der Naturbeherrschung, ihrer Unterwerfung und ihrer Verwertung führte, und schließlich in der Vorstellung unserer Tage: „Anything goes!“ gipfelte. Damit treten das Zweckdenken, das abstrakte Wissen, die Berechenbarkeit und die technische Machbarkeit in den Vordergrund.

Es entwickelte sich ein Bild einer nicht zu hinterfragenden naturwissenschaftlich-technischen Realität, über die der Mensch mittels der modernen Technologien, also technischer Verfahren, nach Belieben verfügen kann. Wie gelangte man zu diesem Bild einer naturwissenschaftlichen Realität? Der Weg dahin führt über drei Stufen: das Aufstellen von Regeln, die naturwissenschaftliche Methode und die Verdeutlichung der Struktur der naturwissenschaftlichen Realität. Nur handelt es sich bei den „naturwissenschaftlichen Regeln“ um Vereinbarungen darüber, wie man zu Erkenntnissen gelangt. Die Beobachtung als Quelle der Erkenntnis, das reproduzierbare Experiment als Instrument der Überprüfung von Hypothesen, die Freiheit von Widersprüchen, geben nur an, was man als wissenschaftlich gelten lässt. Die wissenschaftliche Methode ermöglicht durch die Definition von Begriffen, durch das Aufstellen von – übrigens falsifizierbaren und nicht eindeutigen - Theorien, sowie durch Erklärungen, die ebenfalls nur die Theoriekonformität von Phänomenen zeigen, ein scheinbar verbindliches Bild der naturwissenschaftlichen Realität zu zeichnen. Dazu kommt noch, dass die Theorien insbesondere der modernen Physik statistischer Natur sind, wodurch ihre vermeintliche Sicherheit weiter ins Wanken gerät.

Spricht man von der Struktur der Realität, gibt man sich der Hoffnung hin, dass zumindest hier Eindeutigkeit herrschen müsse. Nun sind naturwissenschaftliche Tatsachen keine unabhängigen Fakten. Sie entwickeln sich durch ein von der Methode abhängiges Experiment. Zum Beispiel ist die Feststellung der Tatsache, dass eine bestimmte Temperatur herrscht, nur durch die Verwendung eines

¹ Gerhard Fasching/Herbert Pietschmann: Fortschritt von Technik und Naturwissenschaft: Wohltat oder Plage? Wiener Vorlesungen, Bd. 48. Picus - Wien, 1996. S.10.

Thermometers möglich. Die Temperatur wird durch Messung, die eine bestimmte Methode voraussetzt, zur Tatsache. Sie ist von der Messmethode abhängig. Was wir als physikalisches Bild von unserer Umwelt wahrnehmen, ist ein System solcher empirischer Tatsachen. Die Wahrnehmung von Wärme, um bei dem verwendeten Beispiel zu bleiben, ist subjektiv. Objektivität erlangt sie durch Messung. Es gibt allerdings eine Reihe von Phänomenen, die sich uns ganz unabhängig von Messungen, erschließen, z.B. der freie Fall. Dass ein Körper zu Boden fällt, wenn man ihn nicht daran hindert, ist Realität. Hinterfragt man die Herkunft, des freien Falls, wird man im Sinne der Newtonschen Mechanik die Schwerkraft nennen, denkt man in den Kategorien der Physik des 20. Jahrhunderts nennt man die Raumkrümmung als Ursache dafür.

Man sieht: Naturwissenschaften im Allgemeinen und Physik im Besonderen zeichnen kein eindeutiges, absolutes und unveränderliches Bild der Natur. Die Technik, welche die Erkenntnisse der Physik nutzbringend verwertet, stützt sich auf höchst unsicheres und wandelbares Wissen. Dessen muss sich jeder, der auf technischen Fortschritt setzt und an diesem partizipiert, bewusst sein.

Mögliche Ziele des Physikunterrichts

Es wird primäres Ziel des Physikunterrichts sein müssen, das Verständnis für diese prekäre Situation wachzurufen. Allein dadurch wird den Schülerinnen und Schülern ermöglicht, die individuellen und gesellschaftlichen Konsequenzen der wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften wahrzunehmen und effizient und verantwortungsbewusst mit ihnen umzugehen. Schon aus diesem Grund kommt als Ausgangspunkt nur der gegenwärtige Stand der Wissenschaft in Frage. Es gilt die junge Generation mit dem *gegenwärtige physikalische Weltbild*, seinen Grenzen, seinen ungelösten Fragen und den Möglichkeiten der weiteren Entwicklung zu konfrontieren, um sie für die Zukunft, in der sie leben werden, fit zu machen. Lernen die Schülerinnen die Entwicklungen zu Verstehen, sie zu akzeptieren und über sie zu kommunizieren trägt dies wesentlich zu einer positiven Einstellung zum Leben bei und lässt sie ihre Chancen sehen und wahrnehmen.

Den Schülerinnen und Schülern so viel an *physikalischen Denkweisen* mitzugeben, dass sie sich in der Welt zurechtfinden können und an den Entscheidungen über physikalische Fragen (Umweltfragen, Energieprobleme, etc.) verantwortungsbewusst und aktiv mitwirken können. Dazu gehören auch Entscheidungen, welche die individuelle Lebensplanung, z.B. die Berufswahl betreffen.

Die Schaffung eines subjektiven Bildes der Wirklichkeit ist ein aktiver, bewusster Prozess. Die Denkweisen der Physik entsprechen exakt dieser autonomen Wirklichkeitskonstruktion. Sie beschreibt vernetzte Prozesse, deren vermeintliches Resultat nur Ausgangspunkt für neue Fragen ist. Gerade die moderne Physik zeigt dies deutlich: Konnte man sich bis etwa 1930, bis zur Entdeckung Edward Hubbles, dass sich das Universum ausdehnt, wenigstens hier noch sicher sein, dass es eben den unveränderlichen Zustand des Ewigen, Unbegrenzten gibt, musste man sich nun an die Vorstellung gewöhnen, dass der jeweilige Zustand des Universum veränderlich ist, und dass die Kosmologie untrennbar mit der Teilchenphysik verbunden ist. Dieses *vernetzte Prozessdenken* ist im Unterricht transparent zu machen und anzuwenden. Das Erfassen komplexer Zusammenhänge erfordert *analytisches und systematisches Denken*. Es besitzt außerdem in einer globalisierten Welt zunehmende Alltagsrelevanz, ist der Schlüssel zur Bewältigung aktueller und zukünftiger Probleme

und damit ein wesentlicher Bildungsfaktor.¹ Um das Verständnis von physikalischer Erkenntnis als Prozess zu vermitteln, muss die *moderne Physik* im Unterricht gelehrt werden. Hier geht es nicht um Aktualität, die die Attraktivität des Faches durch einen falsch verstandenen Modernismus bzw. durch Sensationslust erhöhen will. Vermittelt man nur das, was im Allgemeinen als „gesichertes Wissen“ bezeichnet wird, läuft man der Gefahr ein statisches, unverrückbares so seiendes Gebäude der physikalischen Fachsystematik zu vermitteln. Das ist gleichermaßen inhaltlich wie didaktisch fragwürdig.

Bei alledem darf die Herstellung von *Kultur- und Traditionsbezüge* nicht unterbleiben. Die technischen Errungenschaften unserer Zeit müssen im Lichte ihrer positiven und negativen gesellschaftlichen und politischen Auswirkungen dargestellt werden, man denke hier z.B. an die Entwicklung der Kernphysik im Zusammenhang mit der nuklearen Rüstung. Der altersgemäße *Wissenschaftsbezug* ist herzustellen. Dazu ist es erforderlich, dass der Lehrer über dem aktuellen Stand der Wissenschaft informiert und in der Lage ist, die den Entwicklungen zugrunde liegenden physikalischen Überlegungen zu verstehen. *Eine profunde wissenschaftliche Ausbildung ist für den Lehrer unabdingbar!* Zudem sollte den Schülerinnen und Schülern Physik nicht als isoliertes wissenschaftliches System, sondern als einen Aspekt ihrer Umwelt verstehen. Physikalisches Wissen ist nur ein kleines Fenster, das den Blick auf diese Umwelt ermöglicht. Damit verliert die Physik den Mythos des alles erklärenden, dem Durchschnittsmenschen unzugänglichen und perfekten Systems, das als einzig mögliche Weltansicht einem Weltbild gleichgesetzt wird. Daraus resultierende Wissenschaftsgläubigkeit wird genauso vermieden, wie die Abkehr von der Wissenschaft als etwas, was nur wenigen Genies vorbehalten ist. Wissenschaft bringt jedem etwas! Dazu darf der pragmatische *Lebensbezug* nicht fehlen. Die Schülerinnen und Schüler sollen lernen, Physik im Alltag zu erkennen und zu interpretieren. Technische Anwendungen physikalischer Erkenntnisse sind zu hinterfragen. Die prinzipielle Kenntnis der physikalischen Grundlage ist genauso wichtig, wie die lebenspraktischen Auswirkungen. Technik bestimmt unser Leben und trägt sowohl zur weiteren Entwicklung der Wissenschaft als auch unserer Kultur und unserer Gesellschaft bei. Die moderne Kommunikationstechnologie diene hier als Beispiel. Technik ist mit der Physik untrennbar verbunden und muss daher ein fixer Bestandteil des Physikunterrichts sein. Die Erklärung, wie technische Anlagen im Detail funktionieren, ihre Inbetriebnahme und Wartung, genauso wie die Erfindung innovativer technischer Vorrichtungen, haben ihren Platz allerdings nicht an einer AHS, sondern gehören zu einer technischen Ausbildung von Spezialisten, egal ob auf dem Niveau einer Berufsbildenden Schule oder an entsprechenden Hochschulen.

Berücksichtigt man Kultur- und Traditionsbezüge, Wissenschaftsbezüge und Lebensbezüge im Physikunterricht gleichermaßen ergibt sich ein vielfältiges und veränderliches Bild. Nicht das starre System an sich ist der Gegenstand, sondern dessen Veränderungen. Wissenschaft ist keine Photographie der Wirklichkeit, sondern der Versuch sie nachzuzeichnen. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind Prozesse. Dies zeigt sich ganz besonders in der modernen Physik, wo wir, wie oben erläutert, einem ständigen Paradigmenwechsel mit unbestimmtem Ausgang erleben.

¹ Vgl. dazu: Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. MNU, Naturwissenschaften besser verstehen, Lernhindernisse vermeiden. o.O., April 2004.

Sind die Bezüge geklärt, erhebt sich unvermeidlich die Frage nach den *konkreten Inhalten* des Lehrplans. Versucht man ein möglichst ganzheitliches Konzept zu erstellen, läuft man leicht der Gefahr Vollständigkeit anzustreben und sich im Detail zu verlieren. **Der in der Architektur des vorigen Jahrhunderts zur Maxime erhobene Satz „Weniger ist mehr“ hat auch bei der Auswahl der physikalischen Inhalte seine Berechtigung.** Die Kunst dabei ist es, die zum Verständnis des gegenwärtigen und eventuell zukünftigen Weltbilds relevanten Fragestellungen zu ermitteln und das zu deren Diskussion unabdingbaren notwendige Wissen zielgerichtet herauszufiltern.

Wege zum physikalischen Verständnis

Um die genannten Ziele zu erreichen, müssen die Schüler dazu ermutigt werden, sich mit physikalischen Fragen und Zusammenhängen auseinander zu setzen. Nicht nur bei den Griechen war *das Staunen* und die Neugierde der Motor der Wissenschaft. Selbst Einstein definierte das Geheimnisvolle als das Grundgefühl, das an der Wiege der wahren Kunst und Wissenschaft steht. Banale Alltagsbezüge greifen hier nicht. Attraktiv wird ein Lernanlass dann, wenn er ernstzunehmende Fragen aufwirft. Da interessante Phänomene meist komplexer Natur sind, geben sie den Schülerinnen und Schülern reichlich Gelegenheit, sie aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und die wesentlichen physikalischen Zusammenhänge herauszuarbeiten. Daraus ergeben sich eindeutige physikalisch *relevante Fragestellungen*. Es sind die Fragen der Schülerinnen und Schüler, die anschließend von diesen selbst argumentativ aufzuarbeiten sind. Die Rolle des Lehrers besteht darin

„im Unterrichten, Erklären, Raten, Hinweisen und Korrigieren; in der Erziehung, im Stellungnehmen, in der liebevollen Hinwendung, im Bemühen um das Verstehen, in Wort und Beispiel, damit das Ich sich als einheitsstiftend in seiner Ebenbildlichkeit bewähre“¹

Auf diese Weise wird zweierlei erreicht: Die Schülerinnen und Schüler erwerben selbstständig das Wissen, das sie für das individuelle Verständnis von physikalischen Zusammenhängen benötigen, lernen die physikalischen Phänomene in Bezug zur eigenen Person zu setzen und ihren Stellenwert in der Welt, in der wir leben, zu erkennen. Der Unterricht fördert integratives physikalisches Wissen bei gleichzeitiger Persönlichkeitsbildung. Ein so erteilter Physikunterricht lässt es nicht zu, dass Schüler sich mit Achselzucken als „nicht betroffen und daher nicht interessiert“ erklären. Außerdem wird hier eine optimale Individualisierung erreicht, jedoch nicht im Sinne der oft geforderten, missverstandenen Einzelbehandlung.

Dies verlangt vom Lehrer Maß zu halten und Unsicherheiten zuzulassen. Er muss sich die Frage stellen, wie viel Physik zur Beschreibung und zum Verständnis eines bestimmten physikalischen Zusammenhangs notwendig ist. Dazu nähert man sich dem Phänomen *schrittweise*, wie das in der Entwicklung der Physik tatsächlich geschehen ist. Will man sich z.B. dem heutigen Verständnis des Universums nähern, wird man von einem qualitativen Modelluniversum nach Kepler auszugehen haben. Nach der Auseinandersetzung mit der Gravitation wird man sogar weiter bis zum Einsteinschen Ansatz gelangen können.² Die Arbeitsweise der Physik wird transparent

¹ Heitger Marian (Hg.): Die Vielfalt der Fächer und die Einheit der Bildung. Innere Schulreform II. Veröffentlichungen des internationalen Forschungszentrums für Grundfragen der Wissenschaften. Herder, Wien-Freiburg-Basel, 1984. S.32

² Pietschmann Herbert: Wirklichkeitsvorstellungen und Physik-Unterricht. In: Plus Lucis 1/98. Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts - Österreichische Physikalische Gesellschaft Fachausschuss Lehrer an Höheren Schulen. Wien, 1998. S. 5

und ist von den Schülerinnen und Schülern nachvollziehbar. Kritiklose Zustimmung zu einer vorgefertigten Lösung physikalischer Probleme hingegen bringt keinen Erfolg. *Querdenken* ist als Motor selbständiger Leistungen gerade in der Entwicklung der Naturwissenschaften notwendig. Einsteins stellte sich am Anfang seiner Überlegungen eine Frage, die so einfach klang, dass sie von den Zeitgenossen belächelt wurde, nämlich: „Was bedeutet gleichzeitig?“ Die Beantwortung der Frage hat das physikalische Denken revolutioniert. Das Gebäude der physikalischen Fachsystematik ist durch die Schülerinnen und Schüler zu hinterfragen. Zwar sind sachliche Widersprüche, die aus einem falschen Vorverständnis entstehen, zu entkräften, die Einsicht ist nur durch die selbstständige gemeinsame Suche nach konsensfähigen Wirklichkeitsbildern zu erreichen. *Fragen sind zu stellen*, gemeinsame Antworten zu suchen und *Lösungen* durch die Schülerinnen und Schüler zu *argumentieren*.

So kommt ein eigenständiger Erkenntnisprozess zustande. Rilke spricht in einem seiner Gedichte davon, dass wir Fenster sein müssen, nicht Spiegel. *Verständnis* lässt sich nicht abbilden, es ist eine ureigenste subjektive Erfahrung, keine Reproduktion. Als Verständnishilfe bietet sich in der Physik das *Experiment* an.

Das Experiment – die klassische Methode

Es stellt sich die Frage, welche Rolle das Experiment in der Physik und damit im physikalischen Unterricht spielt. Im physikalischen Erkenntnisprozess wird versucht, die reale Welt in ihrer Gesetzmäßigkeit bestmöglich zu erfassen. Das bedeutet, sich von bereits Bekanntem, z.B. von vorliegenden Messergebnissen, ausgehend einen Schritt weiter vorzuwagen: Man stellt Hypothesen auf. Das erfordert Sachkenntnis und Kreativität. Sodann gilt es die Brauchbarkeit der Hypothese durch Abwägung ihrer Konsequenzen zu testen. Man gelangt zur Theorie, deren Aussagen durch die experimentelle Messung Unterstützung erfahren kann, oder nicht. Daraus lassen sich nun Rückschlüsse auf die Qualität der Hypothese ziehen. Alte Hypothese können verworfen werden, neue entstehen und führen zu anderen Theorien, welche die Mängel der alten verbessert ihre Vorzüge hingegen erhält. Auf dem Weg zur Erforschung der realen Außenwelt, dem was wir wissenschaftlichen Fortschritt nennen, erhält das Experiment seinen physikalischen Sinn durch seine vermittelnde Funktion zwischen Hypothese, Theorie und Außenwelt.¹

Eine Hypothese kann an sich niemals durch die Messung als richtig oder falsch erwiesen werden. Sie ist zweckmäßig oder nicht. Sie lehrt nichts über das physikalische Weltbild oder die reale Welt.

„[...] vielmehr bedeutet eine jede Messung einen gewissen Vorgang in den Sinnesorganen des messenden Physikers bzw. in dem von ihm benützten Meßgerät, von dem nur das eine feststeht, dass er mit dem zu messenden realen Vorgang irgendwie in Zusammenhang steht.“²

Damit sind die Möglichkeiten und die Grenzen des Experiments abgesteckt. Der inhaltliche Fortschritt der physikalischen Wissenschaft ist wesentlich von der Entwicklung der Messmethoden abhängig. Im Unterschied zu positivistischen Standpunkten betrachtet die

„wirkliche Physik die Messungen als das mehr oder minder verwickelt zusammengesetzte Endergebnis von Wechselwirkungen zwischen

¹ Planck Max: Wege zur physikalischen Erkenntnis. Verlag von S. Hirzel, 1944. S.209

² ebenda, S.212

Vorgängen der Außenwelt mit Vorgängen in den Messinstrumenten, bzw. in den Sinnesorganen, deren sachgemäße Entwirrung und Deutung eine Hauptaufgabe der wissenschaftlichen Forschung bildet.“ [...] denn jede Versuchsanordnung stellt ein spezielle Formulierung einer gewissen Frage an die Natur dar!“. ¹

Das Experiment erhält seine Bedeutung durch die Theorie und ermöglicht so, sich der Außenwelt zu nähern. Es ist ein Vorgang, der mit dem realen Vorgang in Zusammenhang steht, woraus folgt, dass es kein Abbild der realen Welt ist. Das Experiment stellt bestimmte physikalische Fragestellungen sinnlich erfassbar da. In diesem Sinne ist es ein Modell. Ob das Ergebnis des Experiments als Messung quantitative Zahlenwerte ergibt oder nur qualitativ durchgeführt wird und Proportionalitäten ablesen lässt, wie das im Schulunterricht häufig der Fall ist, ändert nichts daran, dass das Ergebnis der Deutung bedarf. Denn die Funktion des Experimentes darf im Unterricht keine andere sein als jene in der Forschung, solange man den Anspruch nicht aufgeben will, Physik als Verfahren zur Annäherung an die Außenwelt zu lehren.

Im Physikunterricht kommt dem Experiment zentrale Bedeutung zu. Den Schülerinnen und Schülern ist jedoch die Rolle des Experiments zu verdeutlichen. Experimente sind weder Abbilder der Wirklichkeit, noch lassen sie Verallgemeinerung der dargestellten Sachverhalte zu. Experimente als Beweise für Lehrsätze zu verwenden, stellt einen Missbrauch dar und ist außerdem gefährlich. Funktioniert ein Experiment dann nämlich nicht, hat man die Physik ad absurdum geführt und darf wohl kaum noch beanspruchen, ernst genommen zu werden. Denn jedes Ergebnis eines Experiments erfordert die Interpretation und die daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen. Spricht man ihm Beweiskraft zu, kann bei schlechtem Funktionieren die korrekte Schlussfolgerung nur lauten, dass die dahinter stehende Theorie falsch ist. Setzt man das Experiment ‚mit offenem Ausgang‘ ein, wird es durch die Interpretation und durch die Schlussfolgerungen zu einem Objekt des Erkenntnisgewinns und ist im Physikunterricht das Medium der Vermittlung schlechthin.

Die moderne Informationstechnologie wirft mehr denn je die Frage nach der Funktion des Mediums auf. Häufig wird die zu vermittelnde Botschaft nicht nur durch das Medium verfälscht, sondern das Medium selbst zur Botschaft.² Das ist insbesondere in der Physikdidaktik zu berücksichtigen. Die nicht wegzuleugnende Bedeutung des Experiments verführt häufig dazu, das Experiment zum Selbstzweck zu machen, wodurch eine Interpretation und entsprechende Folgerungen obsolet werden. Das gilt es zu verhindern. Geht das Bewusstsein, dass es sich bei jedem Experiment um ein Modell für etwas handelt, verloren, verliert sich der Verweischarakter, wird das Medium der Vermittlung von Sachverhalten, nämlich das Experiment, zur physikalischen Aussage. Als einfaches Beispiel sei hier der Freie Fall genannt. Galileo Galilei sagte, dass alle Körper am gleichen Ort und im luftleeren Raum die gleiche Beschleunigung erfahren. Das ist im Experiment mit hinlänglicher Genauigkeit nachzumessen. Schon der allseits bekannte Versuch mit der Bleikugel und der Feder in einem angeblich evakuierten Glasrohr hat seine Tücken. Er soll, - was meistens nicht gelingt, - zeigen, dass die Feder und die Kugel bei geschickter Handhabung im

¹ ebenda, S. 213

² Macrone Michael: Heureka! Das Archimedische Prinzip und 80 weitere Versuche, die Welt zu erklären. Eine kleine Geschichte unseres Denkens von der Antike bis heute. Marixverlag-Wiesbaden, 2004. S 242

Rohr zum Fallen gebracht, tatsächlich gleichzeitig am unteren Ende ankommen. Das führt, ‚experimentell bestätigt‘, zur Verkürzung von Galileis fundamentaler Aussage (oft noch unter Weglassung der Randbedingung), dass alle Körper gleich schnell fallen, was in der Natur wohl kaum zu beobachten sein dürfte. Das Experiment, das eigentlich nur Medium sein sollte, wird zum Gegenstand, der vorstellt, was Sache ist. Dass kritische Schülerinnen und Schüler auf diese Weise mit der Physik Schwierigkeiten bekommen, liegt auf der Hand.

Ein Experiment stellt idealisierte Vorstellung eines bestimmten isolierten Zusammenhanges unter ganz bestimmten Randbedingungen wiederholbar nach und gestattet so, diesen zu studieren. Das ist den Schülerinnen und Schülern klar zu machen. Hilfreich ist dabei das im Physikunterricht kaum verwendete *Gedankenexperiment*. Es ermöglicht die Loslösung vom Medium der Vermittlung hin zur mentalen Konstruktion von modellhaften Vorgängen. Die greifbare und messbare Umsetzung im Experiment kann dadurch nicht ersetzt werden, das Gedankenexperiment hilft jedoch das materiell durchgeführte Experiment korrekt zu interpretieren.

Ist die Rolle des Experimentes geklärt, wird vor allem das Schülerexperiment zu einem unverzichtbaren didaktischen Instrument. Leider sind aus praktischen Gründen nur wenige Zusammenhänge einer direkten Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler selbst zugänglich. Eine nicht zu unterschätzende Hilfe stellen gerade in diesem Punkt *Simulationen* und *virtuelle Versuche* dar. Sie ermöglichen nicht nur Vorgänge, die sich nicht im sichtbaren Bereich abspielen zu veranschaulichen und im Schulbetrieb undurchführbare Experimente anzubieten. Viel wichtiger ist, dass die virtuelle Umsetzung, dem Charakter der physikalischen Vorgangsweise besser entspricht, als das noch so perfekt ablaufende Laborexperiment, vom Demonstrationsexperiment ganz zu schweigen. Virtuell lassen sich die oben genannten Charakteristika des Experiments mühelos „realisieren“. Modelle sind nämlich genauso wenig Realität, wie ihre man Computer simulierte Abbilder. Simulationen erfüllen also Anforderungen, die das Experiment nicht erfüllen kann, z.B. die Abstraktion eines einzigen Zusammenhanges, unveränderliche Randbedingungen, Wiederholbarkeit, etc.

In jedem Fall ist der maßvolle Einsatz oberstes Gebot. Kein Experiment, weder das reale noch das virtuelle, darf zur Spielerei ausarten. Experimente haben eindeutig dem Verständnis eines bestimmten Zusammenhanges zwischen der Hypothese und der Außenwelt zu dienen. Sie sind unter diesem Gesichtspunkt der zielorientierten und eindeutigen Zuordenbarkeit auszuwählen: Es muss *das* Experiment sein, das zu *Aha-Erlebnis* führt.

Detailfragen der Unterrichtsgestaltung, denen in der gegenwärtigen Diskussion breiter Raum gegeben wird, treten bei einer ganzheitlichen Betrachtung in den Hintergrund. Die Entscheidung über die Methode und die dazu notwendigen didaktischen Maßnahmen sind gerade in der Physik weitgehend fachimmanent und daher vorgegeben. Wo die physikalische Methode, das heißt der Gegenstand selbst zwingend auf die Vermittlung rückwirkt, bedarf es keiner Diskussion um die Methode. Alle weiteren didaktischen Überlegungen werden vor allem durch das jeweilige Lehrer-Schüler-Verhältnis und die Rahmenbedingungen bestimmt. Wichtiger als die nicht enden wollende Variation von Vermittlungsmöglichkeiten und didaktischen Maßnahmen erscheint der pflegliche Umgang, der darum bemüht ist, den Schülerinnen und Schülern aus Sicht der Physik ein Fenster zur Welt zu eröffnen.

Resümee

Wie gezeigt wurde, tritt in der Entwicklung der Naturwissenschaften klar zu Tage, was allen Gegenständen gemeinsam ist: Jede Erkenntnis ist gleichzeitig der Ausgangspunkt für neue Fragen. Damit ergibt sich die vordringliche Aufgabe des Lehrers, fragen zu lehren. Der Lehrende muss sich bemühen, seine Schülerinnen und Schüler zu sinnvoller und korrekter Fragestellung zu führen. Eine offene Beantwortung der Schülerfragen sollte den Lernenden helfen, zu einem selbständigen Erkenntnisgewinn führen, der sein Wissen ordnet und seine Wirklichkeitskonstruktion erweitert. Nicht Physik lehren, sondern den Schüler aus Anlass von physikalischen Erkenntnissen unterrichten.¹ Dabei wird das Lernen zu einer argumentativen Auseinandersetzung, die zu einem methodisch disziplinierten Denken führt. Die hier angesprochene Form des Unterrichts dient nicht der „*Konditionierung zum Merken von Wissensdaten*“², die statistisch erfassbar ist. Sie schließt allerdings die „*Anwendung naturwissenschaftlicher Forschung im Sinne der Verwertbarkeit*“³ aus. Ebenso sind quantitative Wissensvorstellungen nicht zielführend. *Der Lehrer hat sein Fach im systematischen Zusammenhang zu sehen, damit der Schüler diese Ordnung sehen lernt. [...] Kein Wissen, keine Fragestellung kann isoliert gesehen werden.*⁴ Insbesondere in der Didaktik der Physik, welche die Konstruktion eines zusammenhängenden und sich ständig weiterentwickelnden physikalischen Weltbildes zum Ziel hat, hat dies besondere Bedeutung: die physikalische Fachsystematik muss für Schülerinnen und Schüler transparent werden. Sie ist nicht Gegenstand der Vermittlung, sondern der selbständigen Erkenntnis.

Physikalische Bildung als Bestandteil der Allgemeinbildung bedeutet aus dieser Sicht, die Schülerinnen und Schülern zu befähigen, sich mit Hilfe selbständig gewonnener physikalischer Erkenntnisse ein Bild von der Welt zu konstruieren und sich diese Konstruktion der Wirklichkeit anzueignen. Nur so kann Bildung, nicht nur physikalische, als kultureller Wert wahrgenommen werden.

Quellen:

Bünder Wolfgang, Duit Reinders, Gräber Wolfgang, Häußler Peter, Mayer Jürgen: *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung, Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. Kiel, 1998.*

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. MNU, *Naturwissenschaften besser verstehen, Lernhindernisse vermeiden. o.O., April 2004.*

Dr.-Karl-Renner-Institut: *Meister, die vom Himmel fallen. Beiträge zu Qualität und Chancengleichheit im Bildungssystem. Wien, 2000*

Eder Gernot: „Ist Physik universal?“ Series „Classics of World Science“, Vol.3. Timpani-Kyiv, 2003.

Fasching Gerhard, Pietschmann Herbert: *Fortschritt von Technik und Naturwissenschaft: Wohltat oder Plage? Wiener Vorlesungen, Picus, Wien, 1996.*

Goethe Johann Wolfgang von: *Faust Erster Teil, Studierzimmer. In: Goethe: Werke, Hamburger Ausgabe, Bd.3, Dramatische Dichtungen I. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1982.*

¹ Heitger Marian (Hg.): Die Vielfalt der Fächer und die Einheit der Bildung. Innere Schulreform II. Veröffentlichungen des internationalen Forschungszentrums für Grundfragen der Wissenschaften. Herder, Wien-Freiburg-Basel, 1984. S 26

² ebenda. S.31

³ ebenda

⁴ ebenda S.32

Heitger Marian (Hg.): Die Vielfalt der Fächer und die Einheit der Bildung. Innere Schulreform II. Veröffentlichungen des internationalen Forschungszentrums für Grundfragen der Wissenschaften. Herder, Wien-Freiburg-Basel, 1984.

Kellner Thomas Hubert: Anmerkungen zur Wiedererinnerung an den Bildungsbegriff aus schulpädagogischer Perspektive. Vortrag gehalten beim 25. Symposium des Internationalen Forschungszentrum für Medienpädagogik. Salzburg, 2004.

Macrone Michael: Heureka! Das Archimedische Prinzip und 80 weitere Versuche, die Welt zu erklären. Eine kleine Geschichte unseres Denkens von der Antike bis heute. Marixverlag-Wiesbaden, 2004.

Planck Max: Wege zur physikalischen Erkenntnis. Verlag von S. Hirzel, 1944.

Pietschmann Herbert: Wirklichkeitsvorstellungen und Physik-Unterricht. In: Plus Lucis 1/98. Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts - Österreichische Physikalische Gesellschaft Fachausschuss Lehrer an Höheren Schulen. Wien, 1998.

Simonyi, Károly: Kulturgeschichte der Physik. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1990.

Wenger-Hadwig Angelika (Hg.): Pädagogik im Widerspruch. Vom populistischen Umgang mit Schule und Erziehung. Veröffentlichungen des internationalen Forschungszentrums für Grundfragen der Wissenschaften. Tyrolia-Verlag, Innsbruck-Wien, 1996.