

10. Physik und Ethik

10.1. Ethische Fragen im Physikunterricht

Die Physik gilt als 'Königdisziplin' der Naturwissenschaften. Warum ist das so? Warum ist das physikalische Denken geeignet, eine "für andere Fächer/Fächerverbünde nutzbare Denk- und Arbeitshaltung auf[zubauen]"? (Leitgedanken zum Kompetenzerwerb Physik, Bildungsplan 2004: 180). Unstrittig ist sicher, dass die Physik dem ‚Idealbild‘ wissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sehr nahe kommt. Mit dem Physikunterricht wird wissenschaftlich-rationales Denken und Argumentieren eingeübt und damit ein spezifischer rationaler Weltbezug grundgelegt (der im Hinblick auf Offenheit und Toleranz gegenüber anderen Arten des Denkens immer auch kritisch kontextualisiert werden sollte). Im Vorbereitungsdienst könnte eine Reflexion über die Rolle der Physik als Vorbild-Disziplin für alle Naturwissenschaften anschaulich genutzt werden, um Struktur und Methoden der Naturwissenschaften zu verdeutlichen. Damit ist der Reflexionsbedarf auf die Theorie der Physik aber noch nicht abgedeckt. Es gilt vielmehr, über die Analyse der Denk- und Arbeitsmethoden der Physik zu einem Verständnis der Aussagekraft und der Grenzen physikalischer (und allgemein naturwissenschaftlicher) Konzepte zu gelangen, um die Bedeutung und Wirkung der Naturwissenschaften in der humanen Welt angemessen verstehen zu können. Dabei sollte bewusst werden, dass die Erziehung zu wissenschaftlich-rationalem Denken andere Formen der Welterschließung ausschließt (oder zumindest zurückdrängt) und als Ziel keine Selbstverständlichkeit darstellt, sondern begründungsbedürftig erscheint: Das Aufzeigen der Grenzen physikalischen Denkens beinhaltet den Blick auf das jenseits dieser Grenzen Liegende. Das Bewusstsein über methodisch bedingte Grenzen der Physik (Reduktionismusproblem! Vergl. Leitgedanken zum Kompetenzerwerb Physik, Bildungsplan 2004, S. 180) ist eine elementare Voraussetzung für ein ganzheitliches Verständnis des Faches, und für seine Vermittlung mit einem allgemeinbildenden Anspruch.

"Wichtig ist auch das Verständnis von grundlegenden physikalischen Konzepten und Modellen, deren Tragfähigkeit ständig hinterfragt werden muss, um die Grenzen physikalischen Denkens erkennen zu können." (Bildungsstandard Physik, Bildungsplan 2004: 180)

Neben diesen grundlegenden Aspekten spielt auch der Anwendungsbezug der Physik – in ihrer Bedeutung für technische und technologische Entwicklungen unserer Zeit – eine wichtige Rolle im Physikunterricht. Das Eingehen auf den gesellschaftlichen Bezug der Physik sowie die ethische Reflexion darauf soll nicht nur die Kompetenzen der Lernenden im Sinne einer umfassenden Orientierungskompetenz 'in der Welt' stärken, sondern ist darüber hinaus elementarer Bestandteil der Fachdidaktik Physik, da der lebensweltliche Bezug gerade bei theoretisch anspruchsvollen, abstrakten Fächern eine wichtige Verständnis- und Motivationshilfe liefert.

"Der Physikunterricht soll so aufgebaut sein, dass die Lernenden in der Lage sind, an der zukunftsfähigen Gestaltung der Weltgesellschaft – im Sinne der Agenda 21 – aktiv und verantwortungsvoll mitzuwirken und im eigenen Lebensumfeld einen Beitrag zu einer gerechten, umweltverträglichen und nachhaltigen Weltentwicklung zu leisten." (Bildungsstandard Physik, Bildungsplan 2004: 180)

Die in Technik transformierten Erkenntnisse der Physik bestimmen in fast allen Lebensbereichen unser alltägliches Dasein. Auch in ethischer Hinsicht zentral ist in jedem Fall das Thema Energie (-versorgung). Hier sind vielfältige und komplexe Bezüge zu unserem gesellschaftlichen und politischen Handeln gegeben – sei es bei der Frage nach Energieverbrauch und -versorgung der Zukunft, danach, wie die Mobilität unser Leben bestimmt (zum Guten wie zum Schlechten) oder danach, was physikalisch-technisches Know How mit Globalisierung und Gerechtigkeit zu tun hat. Die Komplexität der Problemlagen legen in den meisten Fällen eine Kooperation mit anderen Fachlehrern nahe (insbesondere für die Fächer Biologie, Gemeinschaftskunde, Ethik, Religion).

10.2. Unterrichtsthemen Physik

Klasse 8:

Theoretische Grundlagen des Faches

Schon in dieser Stufe ist im Bildungsstandard unter Kompetenzen „Physik als Naturbetrachtung unter bestimmten Aspekten“ verzeichnet (Bildungsplan 2004: 182). Die Schülerinnen und Schüler sollen „den Unterschied zwischen Beobachtung und Erklärung“ kennen lernen (ebenda). Hier ist schon angelegt, den Schülerinnen und Schülern zu vermitteln, dass die physikalische Erklärung eines Phänomens eine Möglichkeit unter anderen ist. Die Vermittlung dieser wesentlichen Grundlage zieht sich durch alle Klassenstufen und wird daher im Folgenden nicht immer erneut thematisiert: Sie ist ein zentraler Punkt für das Verständnis der Naturwissenschaften insgesamt und kann nicht oft genug deutlich gemacht werden. Wir können z. B. die Vorgänge beim Hören (Inhalt Klasse 8 und 10) physikalisch oder biologisch beschreiben. Wir können sie aber ebenso gut – aber ganz anders – unter ästhetischen sowie ethischen Aspekten betrachten und uns fragen, was das Hören für den Menschen bedeutet, was Musik von Lärm unterscheidet (und an welchen Stellen diese Unterscheidung nie ganz eindeutig zu treffen ist) und warum Menschen unter Lärm leiden (können) ebenso wie unter Stille.

Im Unterricht der Klasse 8 bietet sich darüber hinaus unter dem Oberthema 'Wahrnehmung und Messung' das Thema Farben-Sehen für eine Reflexion auf die Methode und Wirkung naturwissenschaftlicher Rationalität auf unsere Wahrnehmung der Wirklichkeit an. Thematisiert werden kann hier die Unmöglichkeit der vollständigen Übersetzung von Messung in Wahrnehmung und umgekehrt. Als Beispiel einer erkenntnistheoretisch völlig anders gelagerten, aber nach wie vor relevanten Möglichkeit der Erklärung des Farben-Sehens bietet sich Goethes Farbenlehre an.

Anwendungsbezug und Ethik:

Die Schülerinnen und Schüler der Klasse 8 können „erste Zusammenhänge zwischen lokalem Handeln und globalen Auswirkungen erkennen und dieses Wissen für ihr eigenes verantwortungsbewusstes Handeln einsetzen.“ (Bildungsplan 2004: 182) Hier ist wichtig, dass die Kenntnis der physikalischen Zusammenhänge nicht hinreicht, um verantwortungsbewusstes Handeln als ein solches zu identifizieren. Sie gibt uns lediglich die Möglichkeit, die Folgen unseres Handelns zu einem gewissen Maße und nur in einem bestimmten, nämlich physikalisch erfassbaren Bereich abzuschätzen und in unsere Urteilsbildung *mit* einzubeziehen. Ob die erwartbaren Handlungsfolgen wünschbar, ethisch bedenklich oder unmoralisch sind, ist hingegen keine Frage, die aus der Physik heraus beantwortbar ist. Schall (physikalisch) und Lärm bieten sich hier wiederum als gutes Beispiel an, um Zusammenhang wie Unterschied zwischen Wahrnehmung, Messung und (ethischer) Beurteilung deutlich zu machen.

Klasse 10:

Theoretische Grundlagen des Faches

In Klasse 10 rücken verstärkt methodische und wissenschaftstheoretische Fragen in den Blick. Deduktion und Induktion als zentrale Kategorien unserer logischen Schlussfolgerung werden behandelt (Bildungsplan 2004: 184). Man kann sie in der Physik, kaum einführen, ohne auf ihre vielfältigen Bedeutungen in anderen Bereichen – inklusive unseres alltäglichen Urteilens – hinzuweisen (Deduktion und Induktion in der Logik, vollständige Induktion als mathematisches Beweisverfahren im Gegensatz zur ‚induktiven Methode‘ der Naturwissenschaften...). Anhand dieser Kategorien können zentrale Aspekte von Rationalität im für uns zumeist bestimmenden Sinne erläutert werden.

„Außerdem wissen die Schülerinnen und Schüler, dass naturwissenschaftliche Gesetze und Modellvorstellungen Grenzen haben.“ (Bildungsplan 2004: 184) Eine anspruchsvolle Aufgabe, die in Klasse 10 mit einfachen Schritten angegangen werden kann, indem man z.B. nicht nur Fragen aufzeigt, „die sie mit Methoden der Physik bearbeiten und lösen können“ (ebenda), sondern gleichzeitig aufzeigt, wie man erkennt, dass bestimmte Antworten nicht mit Hilfe der Physik gegeben werden können. Dazu gehört es, auch Bereiche (zeitlich, räumlich, thematisch) zu identifizieren, in denen aktuelle physikalische Modelle *keine* Gültigkeit beanspruchen dürfen. Mit der Betonung der historischen Entwicklungen in-

nerhalb der Physik (Bildungsplan 2004: 184) kann ebenfalls explizit darauf hingewiesen werden, dass der heutige Kenntnisstand seine Gültigkeit nur so lange behält, bis neue Theorien ‚bessere‘ Erklärungsmöglichkeiten bieten. Die Tendenz scheint stark zu sein, den jetzigen Wissensstand doch im Modus von: „früher wussten sie es nicht besser, hatten weniger technische Möglichkeiten, aber heute wissen wir, wie es ist“ darzustellen. In dieser Hinsicht ist auch beim Thema „Modellvorstellungen und Weltbilder“ (Bildungsplan 2004: 185) zu beachten, dass es nicht nur um „die Grenzen der klassischen Physik“ gehen kann, will man keine falsche Vorstellungen dessen erzeugen, was physikalische Erkenntnisgewinnung bedeutet. Vielmehr ist die Dynamik des Wissens zu betonen und ebenso die Möglichkeit, dass ehemals Gewusstes verloren gehen kann.

Anwendungsbezug und Ethik:

Beim Thema „Technische Entwicklungen und ihre Folgen“ ist für die Klassenstufe 10 vorgesehen, verschiedene Themen mit Hilfe einer Chancen- und Risikoabwägung zu bearbeiten. Zu den im Bildungsstandard erwähnten Inhalten gehören:

- Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt
- Kernspaltung, Radioaktivität
- Chancen und Risiken weiter technischer Anwendungen

Die Hilfsfragen für eine umfassende Technikfolgenabschätzung (vgl. das Kapitel 11. Chemie, S. 135) können hier sehr gut angewandt werden, um die Schülerinnen und Schüler zu einer fundierteren Auseinandersetzung hin zu führen als einer simplen Auflistung der Pro- und Kontra-Argumente.

Beispiel Kernenergie:

Nach der Durchführung der technischen Unterrichtseinheiten, in denen bereits Vor- und Nachteile der zivilen, evtl. auch militärischen Nutzung der Kernkraft einbezogen sein sollten, könnte nachfolgender Fragebogen an die Schülerinnen und Schüler verteilt werden, der in Einzel- oder Kleingruppenarbeit beantwortet werden kann und nachher im Plenum diskutiert werden sollte:

- Warum gibt es die Kernspaltung? (Welche Probleme sollen gelöst werden? Wie kam es zu dieser Entwicklung? Welche anderen Optionen zur Problemlösung wurden vernachlässigt?)
- Wie erfolgt die technische Umsetzung der Energiegewinnung durch Kernspaltung (evtl. noch Kernfusion)?
- Welche Resultate weist die Kernspaltung vor?

1. Im Hinblick auf die zu lösenden Probleme (Energieförderung):

Als Anhaltspunkte zur Beantwortung folgende Begriffe:

- Kosten (momentan sowie langfristig, d.h. inklusive Atommüll-Entsorgung)
- Zuverlässigkeit
- Belastungen von Mensch und Umwelt im ‚Normalbetrieb‘ (inklusive Endlagerlösungen)
- Risiken bei kleineren Unglücken oder GAUs

2. Im Hinblick auf andere Bereiche der Atomnutzung (militärisch, wissenschaftlich)

- Hier können auch Fragen zu internationalen Konflikten adressiert werden, die aus der zivilen Nutzung der Kernenergie entstehen: Atommächte, Schurkenstaaten, Machtverhältnisse, Gerechtigkeit (evtl. Kooperation mit Gemeinschaftskunde/Politik)

3. Welche Alternativen gibt es und wie sind diese zu bewerten?

- Im Energiebereich: Kohle, Wind, Wasser, Sonne etc..
- Im militärischen Bereich: Andere Waffengattungen, Abrüstung, Verlagerung von Kampfkraft in den Weltraum (aktuelle Entwicklung)
- In der Wissenschaft (evtl.)

Kurstufe:

In der Kursstufe werden die Inhalte der Klasse 10 wieder aufgegriffen und auf einem höheren Niveau weiter bearbeitet – es sind also ähnliche Themen möglich. Neu hinzu kommt mit der explizit erkenntnistheoretischen und methodenreflexiven Ausrichtung bei der Atom- und Quantenphysik eine qualitativ neue Dimension der grundsätzlichen Auseinandersetzung mit der Natur naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens – denn mit diesen Modellvorstellungen werden sie an die Grenzen der theoretischer Welterklärung und an die aktuellen Diskussionen innerhalb der Physik herangeführt. Hier geht es durchaus noch um ‚große Fragen‘: Kann beispielsweise die Quantentheorie die von Einstein als ‚spukhaft‘ angezweifelte Fernwirkung erklären? Innerhalb dieser großen Fragen werden nicht nur explizit ethische Probleme verhandelt, wie der freie Wille des Menschen. Hier sind auch schwierige ontologische und erkenntnistheoretische Themen zu bearbeiten, etwa die Frage nach der Möglichkeit von Teilchen, überhaupt Eigenschaften zu haben (wenn sie nicht gemessen werden). Würfelt Gott doch? Lautet die aktuelle Gegenfrage zu Einsteins These.¹

¹ Mark Buchanan, 2005.

10.3. Ethisch-philosophische Themen im Physikunterricht – exemplarische Entwürfe

Berge, Otto Ernst: Zauberei und Physikunterricht, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 1998/9 S.8ff.

Der Artikel versucht, das physikdidaktische Potential des Zauberns als „althehrwürdiger Zweig der angewandten Physik“ genauer auszuleuchten. Dazu werden in einem ersten Schritt die pädagogischen Ziele des Zauberns erläutert. Dann werden verschiedene Hinweise und Literaturverweise zur erfolgreichen praktischen Durchführung von Zaubertricks im Unterricht gegeben und an Unterrichtsbeispielen erläutert.

Born, Gernot: Physikalische Modelle im Mittelalter, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 2000/49/3 S.11ff.

Der Artikel skizziert Stand und Entwicklung physikalischen Wissens im Mittelalter anhand verschiedener Beispiele, wie z.B. der sich verändernden Anschauung davon, was Licht sei. Dazu wird die Rolle von Orden und Klöstern als „Zentren der Wissenschaft“ mit immenser Bedeutung für die Forschung aufgezeigt. Danach wird die mittelalterliche Forschung zum Phänomen des Magnetismus beleuchtet. Abschließend wird die mittelalterliche Naturwissenschaft als vermeintliches Gegensatzpaar „Kosmische Welt“ und „Irdische Welt“ charakterisiert und noch einmal auf die Dominanz des physikalischen Weltbildes des Aristoteles im Mittelalter eingegangen.

Brechel, Renate: Wo ist das Spiegelbild?, in: Physik in der Schule 1999/37/4 S.229ff.

Der Artikel beschreibt eine empirische Untersuchung (am Untersuchungsgegenstand „Spiegelbild“) hinsichtlich des didaktischen Nutzens von Bildschirmexperimenten im Physikunterricht im Gegensatz zu den dort bislang vorherrschenden Realexperimenten. Dazu wird ausführlich der Versuchsaufbau dargestellt. Aus dem Versuch wird gefolgert, dass sowohl Bildschirm- als auch Realexperiment durchführbar seien und gewisse positive Effekte erzielen. Allerdings wird auf die Gefahr der Manipulierbarkeit der Darstellung der Wirklichkeit in Bildschirmexperimenten hingewiesen und gezeigt, dass Schüler diesen oftmals sehr unkritisch gegenüber stünden, was didaktisch zu beachten sei.

Brockmeyer, Heinrich: Newtons Versuche fallender Kugeln in Wasser und Luft – experimentell nachvollzogen, in: Physik in der Schule 1998/36/9 S.299ff.

Der Artikel beschreibt Newtons Versuche fallender Kugeln in Wasser und Luft aus dem zweiten Band seiner PRINZIPIA und vollzieht sie experimentell nach.

Cavelius, Emil: „Galileis Fahrbahn“, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 2002/51/3 S.45ff.

Der Artikel erläutert ein Experiment für den Physikunterricht, mittels welchem – analog zu Galileis ersten Versuchen zum freien Fall – beschleunigte Bewegung (jedoch im Gegensatz zum üblichen Prozedere ohne elektronische Hilfsmittel) untersucht werden kann.

Embacher, Franz; Müller, Rainer; Stadler, Helga; Weihs, Gregor: Paradoxien erkennen – Quantenphysik in der Schule, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 2000/49/8 S.15ff.

Der Artikel stellt zwei Möglichkeiten dar, zentrale Überlegungen zur Quantenphysik anschaulich im Physikunterricht zu vermitteln. Zuerst wird ein Unterrichtsbeispiel skizziert, in welchem die Schüler in Arbeitsgruppen die in der Science-Fiction-Literatur prominente Teleportation („Beamen“) untersuchen und damit die „Grenzen der Makrowelt“ aufgezeigt bekommen. Anschließend wird das „Quantenspiel“ erläutert, welches „einen spielerischen Zugang zu einer der Grundfragen der QM [Quantenmechanik], der Verschränktheit quantenmechanischer Zustände“ ermöglicht.

Euler, Manfred: Einsicht und die Metamorphosen innerer Bilder, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 2000/49/4 S.10ff.

Kurzfassung aus PdN-Ph: „Der Beitrag diskutiert die Forderung nach einer Verbesserung der Aufgabenkultur im Physikunterricht unter der Zielperspektive einer Förderung von Einsicht und Verständnis. Dabei steht die Rolle von intuitiven Bildern, ihren dynamischen Wandlungsprozessen und ihrer Reflexion im Vordergrund. Die wichtige Bedeutung bildgetriebener geometrischer Einsichten wird aus der Sicht der Kognitionspsychologie und der Physikdidaktik anhand von Beispielen aus dem Bereich der Mechanik exemplarisch untersucht. Eine Reflexion der Tragfähigkeit mechanischer Intuition im Bereich der Dynamik komplexer Systeme schließt den Artikel ab.“

Hilligus, Annegret; Euler, Manfred: Die unendlich eingefaltete Welt, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 1998/47/8 S.37ff.

Kurzfassung aus PdN-Ph: „Der Ansatz, geistige Prozesse mit dynamischen Systemen zu modellieren, wird aus der Sicht der *Leibniz*schen Philosophie erörtert, und mit Passagen seiner „Monadologie“ in Verbindung gesetzt. Der Beitrag soll die Anwendung der Physik komplexer Systeme im Bereich der biologischen Informationsverarbeitung einer kritischen Reflexion unterziehen und zu einem Brückenschlag zwischen natur- und geisteswissenschaftlichen Ansätzen bei der Diskussion über Gehirn und Geist anregen. *Leibniz* ist in diesem Zusammenhang noch immer von einer erstaunlichen Aktualität.“

Hund, Wolfgang: „Zaubern“ kann jeder! Zaubern kann keiner!, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 1998/9 S.19ff.

An Beispielen aus der eigenen Erfahrung des Autors sowie aus den Massenmedien wird gezeigt, dass die bloße Aneignung physikalischen Wissens nicht unbedingt mit einem Transfer zur praktischen Anwendung des Lerninhaltes einhergehen muss. Um diesen Transfer zu erleichtern, dürfe insbesondere das „Staunen“ – also die emotionale Komponente des Lernens – nicht vernachlässigt werden. Insbesondere geht der Autor auf die Entzauberung angeblich übernatürlicher Phänomene als physikalische Erscheinungen ein und versucht so, die Wichtigkeit eines problemorientierten Unterrichts zu verdeutlichen. Anschließend skizziert er einen möglichen Versuch als Beispiel eines solchen Unterrichts.

Koch, Martin: Jenseits des historischen Determinismus, in: Physik in der Schule 1998/36/12 S.432ff.

Im Artikel wird die Unvorhersehbarkeit der Entwicklung von komplexen System – sozialen wie naturwissenschaftlichen – verdeutlicht. Dies wird speziell am Beispiel des Zusammenbruchs der DDR gezeigt, welcher Marx' historischen Determinismus empirisch widerlegte. Der Autor verdeutlicht den wissenschaftstheoretischen Paradigmenwechsel vom 'Laplaceschen Dämon' der allumfassend existierenden und planvoll wirkenden Intelligenz zur Chaostheorie. Er verdeutlicht, dass chaotische Effekte in der Natur bereits erforscht seien, die Theorie des 'sozialen Chaos' sich aber bislang noch nicht durch-

setzen konnte und nach wie vor zahlreichen Einwänden (aus dem natur- wie auch aus dem sozialwissenschaftlichen Lager) ausgesetzt sei. Abschließend wendet er dann beispielhaft die Theorie des ‘sozialen Chaos’ am Beispiel der Wende an und kommt zum Schluss: „Geschichte ist soziale Evolution und damit offen und unberechenbar.“

Koch, Martin: Von der geschlossenen Welt zum evolutionären Universum, in: Physik in der Schule 2000/38/2 S.122ff.

Der Artikel beschreibt anhand der Freud’schen ‘Kränkungen des Menschen’, wie das verklärte Selbstbild des Menschen durch wissenschaftliche Entdeckungen historische Brüche erlebte und auch heute noch erlebt. Dabei werden zu den ‘klassischen Kränkungen’ durch Kopernikus, Darwin und Freud noch weitere hinzugefügt: die ökologische Kränkung, die ethologische (bzw. verhaltensbiologische) Kränkung, die epistemologische (bzw. evolutionär erkenntnistheoretische) Kränkung sowie die Kränkung durch den dem Menschen überlegen scheinenden Computer. Der Autor kommt zum Schluss, dass wissenschaftliche Entwicklungen so lange vom Menschen als Bedrohung angesehen werden, bis dieser aufhört, „sich über die Natur zu erheben, anstatt sich als Teil von ihr zu begreifen.“

Kreß, Kurt: Energieversorgung als Thema eines problemorientierten Physikunterrichts, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 1998/47/1 S.21ff.

Der Artikel widmet sich der Energieversorgung als Gegenstand im Physikunterricht und betont, dass sich dieses Thema – entgegen seiner bislang marginalen Rolle in den Lehrplänen – ausgezeichnet eigne, „die Bedeutung der Physik für unser Leben aufzuzeigen und dadurch auch bei den weniger interessierten Schülerinnen und Schülern Interesse zu wecken.“ Dazu wird beispielhaft der Treibhauseffekt und die damit zusammenhängenden CO₂-Emissionen durch Energieversorgung thematisiert. So wird in einem ersten Schritt der Zusammenhang zwischen Kohlendioxid und Klima verdeutlicht. Anschließend werden dann verschiedene Möglichkeiten der CO₂-Reduktion (durch Kernenergie, durch Effizienzsteigerung, durch Nutzung der Sonnenenergie) aufgezeigt.

Kuhn, Wilfried: Das didaktische Potenzial der Physikgeschichte, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 2000/49/3 S.30ff.

Ausgehend von der Annahme, dass Physik nur im historisch-wissenschaftstheoretischen Kontext vollständig zu verstehen sei, thematisiert der Artikel die Bedeutung des didaktischen Potenzials der Physikgeschichte im Gegensatz zur bisherigen dürftigen Nutzung dieses Potenzials. Dazu wird in einem ersten Schritt auf die didaktische Relevanz der „historischen Methode“ eingegangen. Anschließend wird anhand von Beispielen die Herausbildung der physikalischen Methode „als geistesgeschichtliches Ereignis ersten Ranges“ verständlich gemacht und weitergehend erläutert. Nachfolgend wird dann die Rolle wissenschaftlicher „Revolutionen“ oder „Brüche“ diskutiert. Nach einem Exkurs zu konzeptionellen Analogien widmet sich der Artikel der sogenannten Realismusdebatte und schließlich dem Viele-Welten-Konzept als methodologische Analogie. Der Autor kommt abschließend zum Fazit, dass die Physikgeschichte zum Verstehen von Physik große Relevanz besitze.

Leisen, Josef: „Hausphilosophien“ im Unterricht, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 2002/55/8 S.472ff.

Der Artikel betont, dass es keinen Unterricht ohne Wissenschaftstheorie gibt. Auch Lehrer, die nach eigener Meinung nur ihr Fach unterrichten, verfügen über grundlegende wissenschaftstheoretische Überzeugungen, sogenannte „Hausphilosophien“, welche ihren Unterricht maßgeblich bestimmen. Deshalb, so die Aussage, muss es darum gehen, solche wissenschaftstheoretischen Überzeugungen zu reflektieren und zu explizieren. Die Hausphilosophien werden nachfolgend an fünf Beispielen („Das Ohm’sche

Gesetz“, „Wärme und Atome“, „Die Atome“, „Und noch einmal: Die Atome“, „Die Wahrscheinlichkeitswelle“) verdeutlicht. Anschließend wird dann eine Übersicht über die wichtigsten wissenschaftstheoretischen Positionen (Induktivismus, Positivismus, Logischer Empirismus, Falsifikationismus, Raffinierter Falsifikationismus, Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Anything goes, Konstruktivismus) gegeben.

Linz, Dieter: Katastrophentheorie, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 2001/54 S.75ff.

Der Artikel widmet sich der Katastrophentheorie (welche Systeme untersucht, „die sich – in Abhängigkeit von Parametern – in den meisten Fällen stetig verhalten, jedoch manchmal ein sprunghaftes Verhalten zeigen“) und der Vermittlung ihrer Aussagen. Dazu werden zwei Beispiele, von denen eines auch zur Verwendung im Unterricht empfohlen wird, erläutert und schließlich in einer allgemeinen mathematischen Formel einer Katastrophentheorie dargestellt.

Loos, Andreas; Schneider, Werner B.: Von „heimlichen Wirkungen“ der Natur, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 1998/9 S.43ff.

Der Artikel beschreibt anhand Beispielen aus historischen ‚Zauberbüchern‘ verschiedene physikalische Zaubertricks und deren Funktionsweise.

Merzyn, G.: Sprache und naturwissenschaftlicher Unterricht, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 1998/47/2 S.1ff.

Der Artikel stellt eine Sammlung von zehn Thesen zum Thema „Sprache und naturwissenschaftlicher Unterricht“ dar. Dabei wird vor allem auf die didaktische Dimension eingegangen.

Meyling, Heinz; Niederer, Hans: Wissenschaftstheoretische Reflexion im Physikunterricht der Sek. II, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 2002/55/8 S.463ff.

Der Artikel erläutert zunächst drei grundlegende Prinzipien eines expliziten wissenschaftstheoretischen Unterrichts innerhalb des Physikunterrichts (Vorverständnis der Schüler, wissenschaftstheoretische Reflexionen als integraler Bestandteil des Physikunterrichts, Pluralität). Danach wird für den 11. (Verschiedenartige Begriffsbildung in Lebenswelt, Technik und Physik – am Beispiel des Kraftbegriffs im Mechanikunterricht) und 13. Jahrgang (Einsteins Brief an Solovine – das hypothetisch-deduktive Verfahren am Beispiel der Relativitätstheorie) je ein Unterrichtsbeispiel eines solchen Unterrichts aufgezeigt. Abschließend werden dann mögliche Ergebnisse des expliziten wissenschaftstheoretischen Unterrichts skizziert.

Oetken, Marco; Reiners, Christiane S.: „Die Basis schwankt“, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 2002/55/8 S.476ff.

Der Artikel beschäftigt sich zunächst mit den wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Naturwissenschaft Chemie, wobei insbesondere auf Ausführungen Poppers eingegangen wird. Anschließend werden anhand dreier Beispiele kurze Anmerkungen zur theoriegeleiteten Beobachtungen im Alltag gemacht und gefolgert: „Diese Beispiele können die Annahme POPPERS stützen, dass auch unsere alltägliche Wahrnehmung durch Erwartungen imprägniert ist und von Theorien geleitet wird.“ Danach wird, erneut in Bezug auf Popper, auf die theoriegeleitete Beobachtung in der Wissenschaft eingegangen und insbesondere die Bedeutung des Kriteriums der Falsifizierbarkeit sowie der objektiv kritischen Prüfung betont. Abschließend werden dann theoriegeleitete Beobachtungen im Unterricht thematisiert und an Bei-

spielen verdeutlicht, sowie Schlussfolgerungen für die Vermittlung eines wissenschaftsgerechten Verständnisses von Chemie im Unterricht gezogen.

Pospiech, Gesche: Gespräch über Quantentheorie, in: Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 2000/49/8 S.32ff.

Mittels eines beispielhaften Dialoges zwischen Vertretern dreier Weltbilder (Parmenides für die Antike, Kant für das neuzeitlich-mechanistische Weltbild, sowie ein Quantenphilosoph) versucht der Artikel hinsichtlich des Verständnisses der Quantentheorie, „eine Beziehung zwischen den physikalischen Phänomenen und ihrer philosophischen Relevanz herzustellen“. Dabei werden separat die Themen „Sein, Werden und Realität“, „Klassische Physik und Quantenphysik“, „Anschaulichkeit, Objektivität und Subjektivität“, „Der Messprozess“ sowie „Methode der Physik und Erkenntnis“ diskutiert.

Rosenthal, Erwin: Problemlösen und Werten – zu ihrer Dialektik im Physikunterricht, in: Physik in der Schule 1998/36/6 S.207ff.

In dem Artikel wird nach den schlechten Ergebnissen in Studien zur Wissensvermittlung des Schulunterrichtes die Frage gestellt, welche Veränderungen – inhaltlich als auch didaktisch-methodisch – auch im Physikunterricht notwendig seien. Dazu wird ein Unterrichtsentwurf mit den Schritten „(a) Das Schaffen einer Problemsituation“, „(b) Das Artikulieren des der Problemsituation immanenten Problems“, „(c) Die Problembearbeitung“ sowie „(d) Die Diskussion und die Bewertung des Ergebnisses“ präsentiert. Als Grund für die schlechten Leistungen der Schüler bei den Studien werden vom Autor unter anderem die Tendenz zum „laissez-faire-Unterricht“ und nachlassende Leistungserwartung gegenüber den Schülern genannt. Im Gegensatz zu dieser Form der den Schülern gewährten Handlungsfreiheit verlangt er eine stärker fordernde Erziehung mit dem Ziel einer Herausbildung nicht nur von Handlungs- sondern auch von Entscheidungsfreiheit – also die Ausstattung der Schüler mit Informationen, welche echte Handlungsfreiheit erst ermöglichen. Dabei wird insbesondere die Rolle der Werterziehung betont. In der Frage der Unterrichtsform befürwortet der Autor anschließend den Frontalunterricht (aufgrund der Synergieeffekte des Klassenverbandes) gegenüber dem Unterricht in Mikrogruppen, wobei eine Chancengleichheit garantiert werden soll, es jedoch nicht zu einer Nivellierung der Schülerleistungen kommen dürfe.

Rosenthal, Erwin: Heureka!, in: Physik in der Schule 2000/38/1 S.7ff.

Der Artikel fokussiert das Wahrheitsproblem im Physikunterricht zunächst allgemein mittels der Frage „Was ist Wahrheit?“ bzw. anhand Kants Frage „was kann ich wissen?“. Die Bedeutung dieses Komplexes wird aufgezeigt, indem die Rolle des naturwissenschaftlichen Unterrichts als Anbieter von Denkmustern auch für andere Bereiche des Lebens verdeutlicht wird. Anschließend werden verschiedene Methoden (induktive Methode, deduktive Methode, historisierendes Vorgehen, Praxis als Kriterium der Wahrheit, andere Beweisverfahren [Konsens Theorie, Limes-Beziehung, Kohärenztheorie]) der Verifikation aufgestellter Behauptungen im Physikunterricht dargestellt sowie deren Vor- und Nachteile verdeutlicht.

Aus der Annahme, das Ziel des Schulunterrichts sei die Vorbereitung der SchülerInnen auf das praktische Handeln, folgert der Autor, das die eventuelle Beantwortung der ersten Frage noch nicht ausreichend sei und die Kant'sche Frage „was soll ich tun?“ von zentraler Bedeutung sei. Dazu referiert er die unterschiedlichen Haltungen zum Problem, ob Wissenschaft Werte/Moral inkorporieren kann (Kognitivisten) oder nicht (Nonkognitivisten), d.h. ob moralische Sätze wahrheitsdefinierte Propositionen enthalten oder nicht. Diesen Streit beantwortet der Autor für Lehrer kognitivistisch: Schließlich ist es ihr Ziel, an der moralischen Urteilsfähigkeit von Schülern zu arbeiten, was andernfalls ein aussichtsloses Unterfangen wäre.

Rüchl, Eckhard: Stromproduktion, Brennstoffverbrauch, Abfallaufkommen und seine Entsorgung, in: Physik in der Schule 1999/37/6 S.415ff.

Der Artikel betont zunächst die Bedeutung der Erkenntnis des Zusammenhangs von Energie und Stoffumwandlung (welche bislang zumeist getrennt in den Fächern Physik und Chemie behandelt wurden) für die Herausbildung eines umfassenden Umweltverständnisses. Dazu bietet er ein Unterrichtskonzept in Form einer beispielhaften Vergleichsrechnung zwischen nuklearen und fossilen Energieträgern im Falle einer 4-köpfigen Familie an. Dabei wird deutlich, dass eben nicht nur – wie oftmals im öffentlichen Diskurs zur Thematik – Energie eine Rolle spielt, sondern „[...] dass wir eben kein Energie- wohl aber ein Entropieproblem hatten, haben und auch in Zukunft haben werden“. Dies wird insbesondere im Hinblick auf die (hinsichtlich ihres Ressourcenaufwandes durch Baumaßnahmen und Abfallaufkommen) kritisch zu betrachtenden Charakterisierungen von Windenergie- und Photovoltaikanlagen als „regenerative Energiequellen“ betont, welche didaktisch zu bedenken seien. Der Autor kommt zum Schluss, dass der Entropiebegriff „der entscheidende naturwissenschaftliche Basisbegriff“ sei, welcher im Chemie- und Physikunterricht verstärkt Einzug halten müsse, um ein umfassendes naturwissenschaftliches Grundverständnis zu vermitteln und damit eine naturwissenschaftliche Bildung zu ermöglichen.

Schaaf, Michael: Vom Kernmodell zur Atombombe, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 2002/55/4 S.196ff.

Der Artikel beschäftigt sich mit dem Physiker Werner Heisenberg und dessen wissenschaftlicher Arbeit sowie insbesondere mit seinem Verhalten während des Dritten Reiches und dem „Mythos von der deutschen Atombombe“.

Schlichting, H. Joachim: Zaubern, Entzaubern, Wiederverzaubern, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 1998/9 S.4ff.

Der Artikel zeichnet die buchstäbliche Entzauberung der Welt durch die Naturwissenschaften und insbesondere durch die Physik nach, geht dabei aber auch auf die grundlegende Bedeutung eben jener Zauberei (nämlich das Erwecken von Wissensdrang) für die spätere Entwicklung der Naturwissenschaften ein. Dies wird an mehreren Beispielen verdeutlicht. Anschließend wird die danach Frage gestellt, welche Nachteile eine Entzauberung (bspw. in Form einer Ernüchterung) inkorporiere. Abschließend plädiert der Autor für ein gleichzeitiges Entzaubern von Phänomenen im Physikunterricht Hand in Hand mit einem Wiederverzaubern (sprich: begeistern) der Schüler für die physikalische Rätsel und Mechanismen dieser Welt.

Schneider, Heinrich; Floderer, Manfred: Kann der Computer alles besser?, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 2002/55/5 S.277ff.

An einem mathematischen Beispiel (Gesetzmäßigkeiten bei pythagoreischen Tripeln) für den Unterricht wird gezeigt, „dass der Computer zwar ein nützliches Hilfsmittel ist, aber die theoretische Durchdringung von Problemen nicht ersetzen kann“.

Seifert, Silke; Fischler, Helmut: Unterricht über Modelle, in: Physik in der Schule 2000/38/6 S.388ff.

Die Autoren zeigen ein zentrales Problem des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf: Die mangelhafte Unterscheidung zwischen Modell und Realität durch die Schüler. So zeigen sich bspw. im Bereich der Teilchenmodelle „alle Schwierigkeiten beim Lehren und Lernen an und mit Modellen vereint.“ Trotz der immensen Bedeutsamkeit erfassen viele Schüler die Thematik nicht oder nicht angemessen: „Ist das

Teilchenmodell erst einmal naive Wirklichkeit, so fällt es den Schülern schwer, die Eigenschaften des Teilchenmodells noch für ein Gedankenkonstrukt zu halten.“ Den Schülern und Schülerinnen scheint also die hypothetische Natur der Teilchenmodelle nicht bewusst zu sein. Dieses Fehlverständnis der Natur der Modelle scheint zudem mit der fälschlichen Übertragung makroskopischer Attribute auf die submikroskopischen Teilchen zusammenzuhängen.

Als Lösung für dieses Problem wird die „Betonung einer ausführlichen, metakonzeptuellen Reflexion über die Kennzeichen von Erlebnis- und Modellwelt“ vorgeschlagen, um die Herausbildung von Fehlvorstellungen zu verhindern und ein „Verstehen der Andersartigkeit der Mikroobjekte“ zu ermöglichen. Dieses Konzept wird in Form eines Workshop-Ansatzes von den Autoren weiter ausformuliert. Die Durchführung eines solchen Unterrichts soll demnach fortschreitend evaluiert werden.

Witzleben, Frank: Helfen wissenschaftstheoretische Fragen beim Verständnis der Naturwissenschaften?, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 2002/55/8 S.452ff.

Der Artikel widmet sich zwei Fragen: „Welche Vorstellungen von Wissenschaft bestimmen >im Normalfall< den naturwissenschaftlichen Unterricht?“ und „Welche wissenschaftstheoretischen Kenntnisse und Überlegungen können im naturwissenschaftlichen Unterricht für das Verständnis des Faches und seiner Forschungsprobleme von Nutzen sein?“ Dazu werden zunächst Grundsätze von Methodologie und Erkenntnistheorie sowie die Bedeutung von „Verstehen“ in den Naturwissenschaften dargelegt. Anschließend wird genauer auf die Bedeutung der erkenntnistheoretischen (v.a. in Bezug auf Kant) sowie der wissenschaftstheoretischen Dimension eingegangen, wobei letztere ausführlich anhand von fünf Fragen (Welche Rolle spielt die logische Form von Theorien? Wie ist der Zusammenhang von Alltagserfahrungen und wissenschaftlich-experimenteller Erfahrung zu denken? Welcher Zusammenhang besteht zwischen Beobachtung [Empirie] und Erklärung [Theorie]? Wie und wodurch ändern sich Theorien? Woran bemessen wir wissenschaftlichen Fortschritt?) erläutert wird. Der Autor kommt abschließend zur Folgerung: „Die Art und Weise, wie Wissenschaftstheorie Fragen von Erkenntnis und Wahrheit thematisiert, hat sehr viel mit den allgemeinen Formen des Lernens zu tun. Das Lernen als kreatives, modellbildendes Denken der Schüler und die Erkenntnisgewinnung in den Wissenschaften können so in größere Nähe zueinander gerückt werden.“

Wünsch, Steffen: Verantwortungsvoll handeln – Solarenergie nutzen!, in: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 2001/12 S.137ff.

Der Artikel beschreibt das Projekt „SONNEonline“ (eigenständiger Aufbau, Betrieb und Datenauswertung einer Solaranlage) an der Hauptschule Vienenburg. Dazu werden vor allem technische Angaben der Durchführung und die Rolle der Schüler im Projekt erläutert.