

Erklär' die Welt – Nachwuchssorgen im Lehramt Physik

Nun ist es also wieder einmal so weit. Hatte es sich die letzten Jahre schon immer deutlicher angekündigt, fürs nächste Schuljahr werden die Auswirkungen erheblich sein: Es gibt kaum mehr Nachwuchs fürs Lehramt Physik. Auch wenn wir die Schwankungen im Bereich der Absolvierenden der Lehramter („Schweinezyklus“) schon seit Jahrzehnten beobachten können, gibt es leider kaum Möglichkeiten der Steuerung. Wir befinden uns in Österreich gerade in einer Talsohle. Wie die APA recherchierte, gab es im Jahr 2010 insgesamt 31 Abschlüsse im Unterrichtsfach Physik an den Universitäten. Wir erleben nun einen eklatanten Mangel an ausgebildetem Lehrpersonal an den Schulen. Kolleg/innen mit Lehramt Physik geben eine erhebliche Zahl von Überstunden. Wir kennen Lehrkräfte, die 30 Stunden und mehr unterrichten. Viele Lehrkräfte unterrichten Physik, ohne eine entsprechende Prüfung abgelegt zu haben. Dazu kommen viele Studierende nicht nur höherer Semester, die mit Sonderverträgen an den Schulen aushelfen.

Unzufrieden mit dieser Situation sind letztlich alle: Schüler/innen und Schüler, die vielleicht nicht den Unterricht bekommen, den sie sich wünschen. Lehrerinnen und Lehrer, die Überstunden machen müssen, selbst wenn sie das gar nicht wollen. Schulleitungen, die mit allen Mitteln versuchen, Personal zu rekrutieren, um den Unterricht abdecken zu können. Behörden und Fachdidaktiker/innen, die um die Qualität des Physikunterrichts besorgt sind.

Unser aller Interesse ist es, dass wir viele begabte und engagierte Menschen dafür begeistern können, Physiklehrerin oder Physiklehrer zu werden. Nur wenn uns das gelingt, können wir sicherstellen, dass der Physikunterricht nicht noch mehr auf den Schultern von immer weniger Kolleg/innen ruht.

Junge Menschen für diesen anstrengenden und herausfordernden aber gleichzeitig so vielseitigen und anregenden Beruf zu begeistern, kann besonders gut im Unterricht und an der Schule gelingen. Wir bitten Sie daher um Mithilfe. Bitte überlegen Sie, welchen Maturant/innen Sie eine Berufswahl „Lehramt“ nahelegen könnten.

Um Sie bei dieser Aufgabe zu unterstützen, hat der Stadtschulrat Wien die Initiative ergriffen und einen Informationsfolder zum Lehramtsstudium gestalten lassen. In Kooperation mit dem Nawi-Netzwerk Wien und dem AECC Physik entstanden dabei sehr kurze, prägnante Texte, die jetzt in einer grafisch anregenden Form für eine Berufswahl „Lehramt“ zu werben. Bewusst wurde dabei – nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund der momentan laufenden Diskussionen um die Zukunft der Lehramtsstudien – auf detaillierte Darstellungen einzelner Studiengänge verzichtet. Hingegen wurde der Fokus auf prägnante Aussagen gelegt, die illustrieren sollen, dass eine Berufswahl „Physiklehrerin“ oder „Physiklehrer“ lohnend sein kann.

Begleitend zur Gestaltung des Folders „Erklär mir die Welt“ entstand eine Plakatserie. Hier sind in kompakter Form und in eher minimalistischem, modernem Design Aussagen zum Beruf „Physiklehrkraft“ abgedruckt. Auch diese Poster sollen Diskussionen unter den Jugendlichen anregen und vielleicht den einen oder die andere dazu bewegen, ein Lehramtsstudium in Betracht zu ziehen.

Mit Unterstützung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts ist es nun möglich, eine große Auflage dieser Poster zu drucken. Zu Beginn des nächsten Schuljahrs werden die Poster über den Dienstweg an die Schulen verteilt werden, weitere Poster sind – so lange der Vorrat reicht – bei uns erhältlich. Wir bitten Sie, diese Poster im Physiksaal und in den Gängen der Schule aufzuhängen und – das ist vielleicht noch wichtiger – Gespräche mit Ihren Schülerinnen und Schülern über das Thema „Lehramt Physik“ zu führen, wenn es sich anbietet.

Der Folder wird in Wien an die Schulen verteilt werden, daneben steht er als Download auf der Seite <http://aeccp.univie.ac.at/lehramt-physik/> zur Verfügung. Dort finden sich auch Informationen zu den Lehramtsstudiengängen an den österreichischen Universitäten und pädagogischen Hochschulen.

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf – AECC Physik
LSI HR Mag. Günther Wagner – Stadtschulrat für Wien

Der Klimawandel vor Gericht

Bewerten lernen als Kern allgemeiner Bildung und essentielle Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe

Timo Feierabend, Ingo Eilks

Der Beitrag begründet eine intensivere Auseinandersetzung mit authentischen gesellschaftlichen Kontroversen im Chemie- und Physikunterricht. Dargestellt wird dies an zwei Unterrichtsreihen zum Bioethanol und zur Klimaproblematik aus dem Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“. Die Entwicklung dieser Reihen im Chemieunterricht und paralleler Ansätze für den Physik-, Biologie- und Politikunterricht zeigt, dass ein solcher Unterricht in hohem Maße motivierend sein kann und wichtige Beiträge zu allgemeiner Bildung im Sinne partizipativen Lernens leisten kann.

Bewerten lernen als Kern allgemeiner Bildung

Nicht erst seit den TIMS- und PISA-Studien ist der naturwissenschaftliche Unterricht im deutschsprachigen Raum in der Diskussion – und nicht nur dort. Naturwissenschaftlicher Unterricht, insbesondere in Chemie und Physik, gilt in vielen Ländern als nur bedingt erfolgreich in der Vermittlung einer zukunftsfähigen Bildung und im Erreichen anspruchsvoller Lernziele. Der Unterricht ist bei den Schülerinnen und Schülern unbeliebt und wird als wenig relevant empfunden [1, 2, 3]. Die hierfür benannten Gründe ähneln sich in vielen Ländern. Der Unterricht sei zu fachsystematisch und orientiere sich daher zu wenig an den Zielen einer allgemeinen Bildung für alle. Er vernachlässige die gesellschaftliche Dimension allgemeiner Bildung und nähme zu wenig Rücksicht auf die Interessen der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler, die keine Karrieren in Chemie oder Physik anstrebten [2, 3, 4, 5, 6].

Holbrook und Rannikmae [2] beschreiben, dass Unterricht sich wieder mehr auf seine Erziehungsaufgabe und nicht vorrangig auf den Wissenstransfer fokussieren sollte: *„... Science education should be regarded as ‚education through science‘, rather than ‚science through education‘. [...] This encompasses an understanding of the nature of science [education], with links to achievement of goals in the personal domain, stressing intellectual and communication skill development, as well as the promotion of character and positive attitudes, plus achievement of goals in the social education domain, stressing cooperative learning and socio-scientific decision-making. [...] the over-riding target for science teaching in school, as an aspect of relevant education, is seen in*

responsible citizenry, based on enhancing scientific and technological literacy“ [2].

Dies ist auch im Sinne der OECD, die das Ziel naturwissenschaftlicher Bildung nicht vorrangig in der Wissensvermittlung oder Studienvorbereitung sieht und Scientific Literacy definiert als: *“...die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betrifft“ [7].*

Eine solche Sichtweise schlägt sich auch in den Bildungsstandards in Deutschland nieder. Hier wird neben dem Fachwissen den prozessbezogenen Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung eine gleichberechtigte Bedeutung zugesprochen (Abb. 1).

| | | Anforderungsbereich | | |
|------------------|---------------------|---|--|---|
| | | I | II | III |
| Kompetenzbereich | Fachwissen | Kenntnisse und Konzepte zielgerichtet wiedergeben | Kenntnisse und Konzepte auswählen und anwenden | komplexere Fragestellungen auf der Grundlage von Kenntnissen und Konzepten planmäßig und konstruktiv bearbeiten |
| | Erkenntnisgewinnung | Bekannte Untersuchungsmethoden und Modelle beschreiben, Untersuchungen nach Anleitung durchführen | geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung überschaubarer Sachverhalte auswählen und anwenden | geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung unbekannter Sachverhalte begründet auswählen und anpassen |
| | Kommunikation | bekannte Informationen in verschiedenen fachlich relevanten Darstellungsformen erfassen und wiedergeben | Informationen erfassen und in geeigneten Darstellungsformen situations- und adressatengerecht veranschaulichen | Informationen auswerten, reflektieren und für eigene Argumentationen nutzen |
| | Bewertung | vorgegebene Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes erkennen und wiedergeben | geeignete Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes auswählen und nutzen | Argumente und Bewertung eines Sachverhaltes aus verschiedenen Perspektiven abwägen und Entscheidungsprozesse reflektieren |

Abb. 1: Kompetenzstrukturmatrix der deutschen Bildungsstandards im Fach Chemie [8]

Schaut man in die Ausformulierung der Standards, wird deutlich, dass diese Kompetenzen in ihren höheren Aus-

Timo Feierabend und Prof. Dr. Ingo Eilks, Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN) – Abt. Chemiedidaktik, Universität Bremen; E-Mail: tfeier@uni-bremen.de, ingo.eilks@uni-bremen.de

prägungen als multidimensional im Sinne Bybees [4], also die naturwissenschaftliche Sicht auf Welt als nur eine Perspektive annehmend, zu verstehen sind und für das Handeln in komplexen Situationen vorbereiten sollen, insbesondere für die Teilhabe an gesellschaftlichem Diskurs und gesellschaftlicher Entscheidungsfindung.

Aber was sind Themen und Methoden, die dann in den Mittelpunkt des Unterrichts rücken sollten. Für Klafki [9] sind dies epochaltypische Schlüsselprobleme, entlang derer die Lernenden Selbstbestimmungs-, Mitbestimmungs- und Solidaritätsfähigkeit für eine verantwortungsvolle Partizipation in der Gesellschaft entwickeln können (auch Roth & Lee [10]). Nach Sadler [11] eignen sich Themen, die authentisch, gesellschaftlich relevant und kontrovers sind, *“... which encourage personal connections between students and the issues discussed, explicitly address the value of justifying claims and expose the importance of attending to contradictory opinions”*. Dabei ist es auch notwendig, zwischen der scheinbaren Genauigkeit der Naturwissenschaften und der Bewertung und Konsensbildung in der Gesellschaft bei politischen Fragen zu unterscheiden, *„zu erkennen, dass auch die Lehrerin bzw. der Lehrer dieses Mal nicht die ‚richtige Lösung‘ parat hat. Diese gibt es in solchen Fragestellungen nicht und auch die Chemie kann nur helfen, Zusammenhänge zu verstehen. Sie schafft damit die Voraussetzung zur Bewertung. Die Bewertung selber muss aber jeder für sich vornehmen“* [12].

Ein solches epochaltypisches, authentisches und kontroverses Thema ist die Klimaproblematik, der sich das Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“ angenommen hat.

Kommunizieren und Bewerten Lehren im Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“

Mit den nationalen deutschen Bildungsstandards [8] sind die Kompetenzen des Kommunizierens und Bewertens in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern vermehrt in den Blick gerückt. Allerdings ist das Verständnis dessen uneinheitlich, was unter Kommunikations- und Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zu verstehen ist. Nicht selten wird der Aspekt des Bewertens auf die Frage der Bewertung von naturwissenschaftlichen Methoden und deren Genauigkeit oder die Frage des Kommunizierens auf den Erwerb der Fachsprache reduziert.

Beides wird dem Anspruch einer multidimensionalen naturwissenschaftlichen Bildung, wie Bybee [13] sie fordert, nicht gerecht. Hier ist eine Öffnung zu authentischen, gesellschaftlich relevanten und komplex zu entscheidenden Fragestellungen unverzichtbar. Eines der zentralen und auch kontroversen Themen unserer Zeit ist die Klimaproblematik. Sie beschäftigt die Politik, die Medien und die öffentliche Diskussion und ist ein Problem, das eine gesellschaftliche Konsensbildung genauso fordert, wie die Handlung des Einzelnen. In diesem Zusammenhang ist es für eine demokratische Gesellschaft unverzichtbar, dass mündige Bürger fähig sind, an der Debatte über den Klimawandel teilzuhaben, Entscheidungen zu verstehen und zu

treffen. Kommunikations- und Bewertungskompetenz im multidimensionalen Sinne Bybees sind hierfür unverzichtbare Voraussetzung.

So greift das Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“ nicht nur die Thematik des Klimawandels auf und zielt auf die Vermittlung wichtiger naturwissenschaftlicher Grundlagen ab. Das Projekt will auch einen Beitrag zur Entwicklung von Kommunikations- und Bewertungskompetenz für das Handeln in der Gesellschaft vermitteln. So verstehen wir unter umweltbezogener Bewertungskompetenz *„die Fähigkeit und die Bereitschaft, naturwissenschaftliche Sachverhalte, sozial geteilte Werte, Normen und Interessen systematisch aufeinander zu beziehen, um eigene Urteile und Handlungen argumentativ rechtfertigen zu können und fremde Urteile und Handlungen nachzuvollziehen und in ihrer Interesse-Bedingtheit zu erkennen. Dies schließt die Fähigkeiten zur Übernahme fremder Perspektiven, zur Folgenreflexion, zur Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen ausdrücklich ein“* [14]. Schülerinnen und Schüler sollen letztlich mündig werden, Demokratiefähigkeit erwerben, um sich in gesellschaftlich relevante Diskussionen, auch bezogen auf naturwissenschaftlich-technische Fragen fundiert, moralisch sensibel, verantwortungsbewusst, kritisch und reflektiert einbringen können [15].

Für eine solche Umsetzung naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse eignen sich in besonderem Maße Unterrichtsmethoden wie Rollen- und Planspiele und Dilemma-Diskussionen [16]. Sie können helfen, ein Bewusstsein für Fragen und die mehrdimensionale Bedeutung des Klimawandels zu schaffen sowie Urteils- und Handlungsoptionen und unterschiedliche Interessen darzustellen. Diese Eignung ergibt sich auch daher, dass gesellschaftlich relevante Problemstellungen häufig dilemmaartig strukturiert sind. Zwei oder mehrere für die individuelle Bewertung und Entscheidung gleichermaßen bedeutsame Orientierungen widersprechen sich, wobei diese sowohl individuell als auch kollektiver Natur sein können [17]: *„Bei individuellen Dilemmata befindet sich der Einzelne in einer Entscheidungssituation, die aus der persönlichen Sicht einen Bewertungsprozess erfordert, dessen Ergebnis das eigene Handeln anleitet. Andererseits sind kollektive Entscheidungsdilemmata durch einen hohen Grad gesellschaftlicher Relevanz und nur kollektiv einzulösender Handlungsoptionen gekennzeichnet. Vermeidungs- und Anpassungsstrategien im Kontext des Klimawandels sind hierfür ein Beispiel. Kompetitive und kooperative Handlungsweisen stehen im ständigen Konflikt miteinander (Soll ich CO₂ „sparen“, indem ich auf mein Auto verzichte? Das macht doch nur Sinn, wenn es alle tun!)“* [14]. So haben sich Rollen- und Planspiele auch im naturwissenschaftlichen Unterricht als geeignete Methoden erwiesen, um diese widerstrebenden Interessen kennen und bewerten zu lernen. Sie machen den Klassenraum selber zum Abbild der Gesellschaft, in dem soziale Strukturen erfahren, analysiert und kritisiert werden können.

Das Projekt „Klimawandel vor Gericht“ entwickelt genau für ein solches Szenario Unterrichtssequenzen zur Förderung von Kommunikations- und Bewertungskompetenz.

Hierbei arbeiten verschiedene Fachdidaktiken und Gruppen von Lehrkräften nach dem Modell Partizipativer Aktionsforschung [18] zusammen, strukturieren Unterrichtsszenarien und -materialien, optimieren diese zyklisch und erforschen deren Wirkung auf die in der Praxis handelnden Personen. Beteiligt sind die Chemedidaktik (AG I. Eilks, Universität Bremen), Physikdidaktik (AG D. Höttecke, Universität Hamburg), Biologiedidaktik (AG C. Höbke, Universität Oldenburg) und die Politikdidaktik (J. Menthe, Wolfsburg/Berlin).

Der gesellschaftskritisch-problemorientierte Ansatz für naturwissenschaftlichen Unterricht

Grundlage der Entwicklung ist das Konzept des gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterrichts [6], der auch auf die anderen naturwissenschaftlichen Fächer übertragen wird [6, 19]. Dieser Ansatz greift authentische gesellschaftliche Kontroversen im naturwissenschaftlichen Unterricht auf der Basis von Alltagsmedien und experimentellem Erlernen fachwissenschaftlicher Grundlagen auf. Er bietet eine erprobte Grundstruktur für die Thematisierung gesellschaftlicher Kontroversen und hat sich in vielen, auch umweltrelevanten, Beispielen bewährt [16, 20].

So wird auch in den hier entwickelten Unterrichtseinheiten zum Klimawandel von authentischen Medien und Fragestellungen ausgegangen, die dann über eine Phase der fachlichen Klärung und ein Wiederaufgreifen der Kontroverse in ein Diskussions- und Reflexionsszenario münden. Wichtig hierbei ist die Themenwahl, die authentische, relevante und offene zu bewertende und zu diskutierende Themen aus Naturwissenschaft und Technik aufgreift. Es werden schüleraktivierende Methoden und Diskussionstechniken genutzt, die eine Provokation und Explikation individueller Meinungen hervorrufen, die zur Basis des Lernens darüber werden, wie Naturwissenschaften und Technik in der Gesellschaft kommuniziert und bewertet werden (Abb. 2). Für die letzten beiden Phasen der Diskussion und Reflexion greifen alle vier Unterrichtseinheiten auf das Element des Rollen- bzw. Planspiels zurück, in dem wie in einem Gerichtsprozess bzw. einer Fachausschussanhörung, unter-

schiedliche Experten befragt werden, die nach bestimmten Regeln zur Meinungsbildung eines Entscheidungsgremiums beitragen sollen.

Eine Pilotstudie: Bioethanol

Als Pilotstudie zur Entwicklung der Einheiten zum Klimawandel wurde die grundsätzliche Methodik, aufbauend auf Erfahrungen mit einer verwandten Einheit zum Biodiesel [20, 21] in einem Unterrichtsgang zum Bioethanol als Treibstoff (Abb. 3) im Chemieunterricht hinterfragt [22]. Diese Unterrichtseinheit wurde für die Jahrgangsstufen 10 oder 11 des deutschen Schulsystems an Realschulen, Gesamtschulen oder Gymnasien konzipiert. Je nach Lehrplan kann die Einheit als Einführung in die Chemie organischer Verbindungen über Ethanol oder als eigenständige Einheit zu den Alkoholen gedacht werden.

Der Unterrichtseinstieg erfolgte über einen authentischen Zeitschriftenartikel aus einem SPIEGEL-Sonderheft von 2007, in dem Vor- und Nachteile der Bioethanol-Nutzung gegenüber gestellt werden und insbesondere auch die Konkurrenz von Nahrungsmittel- und Energiepflanzenanbau angesprochen wird [23]. Wichtig ist, dass der Beitrag aufzeigt, dass die Nutzung von Bioethanol als Treibstoff wegen der angesprochenen Konkurrenz durchaus kontrovers gesehen wird. Häufig genanntes Beispiel für die Illustration sind steigende Maispreise in Mexiko dadurch, dass die USA ihre eigene Produktion und auf dem Weltmarkt erworbenen Mais zur Herstellung von Bioethanol verwenden. Hieraus werden viele Fragen motiviert, die sowohl die chemische, die technische als auch die sozio-ökonomische und ethische Dimension der Thematik in den Blick nehmen.

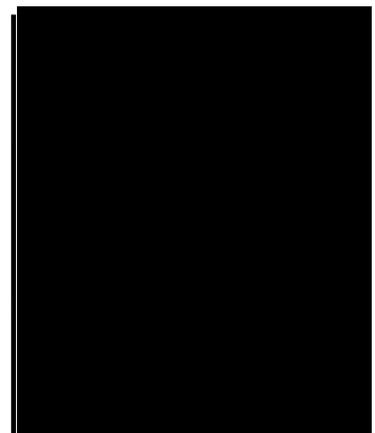


Abb. 3: Bioethanol-Zapfhahn

Konzept des gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterrichts

| Ziele | Kriterien für die Themenwahl | Methodische Konsequenzen für die Umsetzung | Struktur der Unterrichtseinheit |
|--|---|--|--|
| Allgemeinbildung / „education through science“ | Authentizität | Authentische Alltagsmedien | 1. Zugang und Analyse der Kontroverse |
| (Multidimensional) Scientific Literacy | Relevanz | Schülerorientiertes und experimentelles Lernen von Chemie | 2. Fachliche Klärung unter Einbezug experimenteller Arbeit |
| Förderung von Bewertungskompetenz | Bewertungslage offen in Bezug auf gesellschaftlich relevante Fragen | Schülerzentrierte und kooperative Lernformen | 3. Wiederaufgreifen der kontroversen Problemlage |
| Förderung von Kommunikationskompetenz | Offene Diskutierbarkeit | Methoden zur Strukturierung kontroverser Debatten | 4. Erarbeitung und Diskussion verschiedener Perspektiven |
| Naturwissenschaftliche Kenntnisse & Fähigkeiten erlernen | Fragestellung mit Bezug zu Chemie und Technik | Methoden zur Provokation und Explikation individueller Meinung | 5. Metareflexion |

Abb. 2: Rahmen für einen gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht [6]

Um die spätere Bewertung besser treffen und verstehen zu können, werden zunächst wichtige fachliche und technische Grundlagen erarbeitet. Dies erfolgt ähnlich dem Unterrichtsbeispiel zum Biodiesel [20, 21] entlang von Experimenten im Lernzirkel (Stationenlernen) [24]. Der häufigen Kritik nachkommend, nach der der Sicherung beim Lernzirkel mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden soll, wird hier der Lernzirkel mit einem abgesicherten Gruppenpuzzle [25] verknüpft (Abb. 4).

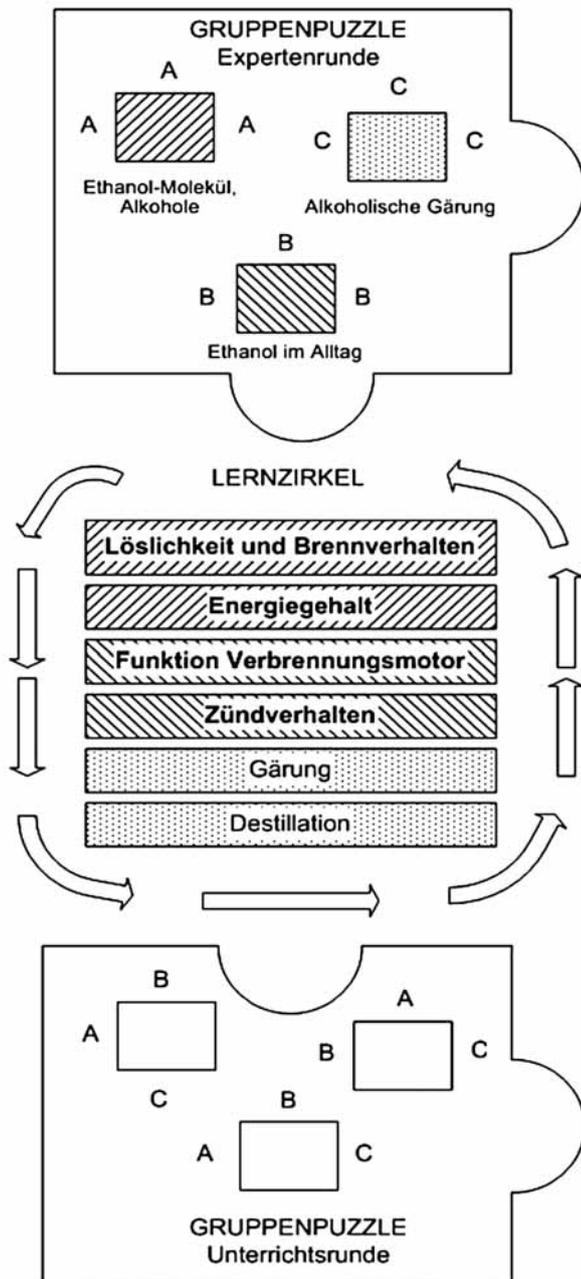


Abb. 4: Fachliche Klärung in einem „Gruppen-Lernzirkel-Puzzle“

Dabei werden in der Expertenrunde des Gruppenpuzzles zunächst in zweimal drei Gruppen die Strukturen des Ethanolmoleküls und der Alkohole, die Gewinnung von Ethanol durch alkoholische Gärung und Destillation sowie Vorkommen des Ethanols im Alltag erarbeitet. Das Gruppenpuzzle wird jedoch nicht wie üblich mit der Unterrichtsrunde fortgesetzt. Die Expertengruppen gehen in einen Lernzirkel

mit sechs Stationen. Jede Gruppe kann zwei der Stationen auf der Basis der Expertenarbeit vollständig bearbeiten. Die jeweils anderen vier Stationen werden zunächst nur absolviert. In der anschließenden Unterrichtsrunde des Gruppenpuzzles stellt dann jeder Experte sein Expertenwissen vor und hilft den anderen Gruppenmitgliedern der Unterrichtsrunde beim Auswerten der Stationen des Lernzirkels, die nicht mit dem eigenen Expertenwissen vollständig zu erarbeiten waren. Strukturierend helfen hier neun Leitfragen (je eine zu jedem Expertenthema, je eine zu den sechs Lernstationen und eine Aufgabe des Transfers der Inhalte auf ein neues Thema). Das Material für diese Unterrichtsphase findet sich bei Feierabend und [26].

Der zweite Teil der Unterrichtsreihe behandelt die Kontroverse um die Nutzung von Bioethanol. Diese Phase zielt besonders auf die Entwicklung von Kommunikations- und Bewertungskompetenz. Gestaltet wird der Unterricht als Fachausschuss-Planspiel (Abb. 5). Dieses Planspiel orientiert sich stark an Prozessen der Entscheidungsfindung in Parlamentsausschüssen. Ein solches Vorgehen wird aber auch in anderen Zusammenhängen benutzt, etwa bei Mittelvergaben durch Stiftungen oder dem Interessensausgleich zwischen verschiedenen Gruppen. Kernüberlegung ist, allen Interessensgruppen eine möglichst gleiche und damit faire Chance zu geben, ihre Position einzubringen.

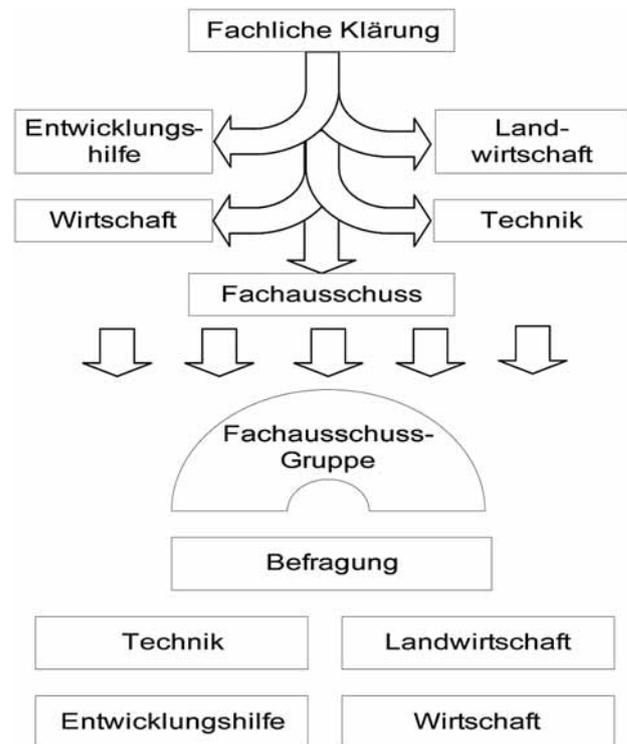


Abb. 5: Methode des Fachausschuss-Planspiels

Zur Motivation steht am Anfang der fiktive verfassunggebende Akt. Hier wird ein Gesetzentwurf vorgestellt, demzufolge mindestens 30% des herkömmlichen PKW-Kraftstoffes zukünftig aus Bioethanol bestehen muss – ein Szenario, das vor einigen Jahren, wenn auch mit geringerem Prozentsatz, in Deutschland tatsächlich zur politischen Entscheidung anstand und nur auf Druck der Kraftfahrzeugindustrie nicht

umgesetzt wurde. Ein solcher Entwurf würde in einem Parlament zunächst vom zuständigen Ausschuss diskutiert, z.B. dem Ausschuss für Forschung und Technikfolgenabschätzung. Auf dessen Empfehlung würde dann das Parlament entscheiden. Der Fachausschuss muss also verschiedene Argumente und Interessen hören, bewerten und gewichten. Auf dieser Basis gibt er seine Empfehlung.

Gemäß der verschiedenen möglichen Interessensgruppen bilden die Schülerinnen und Schüler verschiedene Expertengruppen und bereiten sich mittels bereit gestellter Materialien, dem Internet und anderer Quellen auf den Fachausschuss vor. Perspektiven können hierbei sein: Technik, Landwirtschaft, Entwicklungshilfe und Wirtschaft. Jede dieser Gruppen erhält zwei Blätter mit Basisinformationen, die sowohl fachlicher Natur sind, aber auch Positionen zum Thema enthalten. Zusätzlich gibt es Internet-Adressen, auf denen weitere Informationen zu finden sind. Bei der Auswahl der Ressourcen kommt es darauf an, kompakte Seiten auszuwählen, damit die Schülerinnen und Schüler nicht in einem Wust von Informationen den Überblick verlieren. Dennoch sollte ihnen die selbstständige Informationsbeschaffung nicht gänzlich vorstrukturiert werden, da sie auch lernen müssen, Informationen auszuwählen und wichtige Punkte von unwichtigeren zu trennen. Eine fünfte Gruppe bildet den Fachausschuss. Diese Gruppe erhält eine andere Art von Informationen. Die Fachausschuss-Gruppe macht sich nicht selber mit den Fakten vertraut, sondern verschafft sich einen Überblick über die verschiedenen Expertengruppen und ihre möglichen Interessenshintergründe. Dies ist Voraussetzung, damit sie gezielt und auch kritisch nachfragen können. Die Technik-Experten profitieren jetzt von ihren Kenntnissen, die sie im Gruppen-Lernzirkel-Puzzle zum Verbrennungsmotor gesammelt haben. Fragestellungen wie Einsetzbarkeit, Umrüstbarkeit und Verfügbarkeit spielen eine wichtige Rolle. Experten für Landwirtschaft müssen Chancen und Risiken einer Zunahme an Getreide-Produktion aufzeigen, wichtig sind Aspekte der Monokultivierung, Erosion oder Ökobilanzierung. Die Entwicklungshilfe muss die Auswirkungen auf die Hauptproduktionsländer kennen, z.B. Brasilien, und sowohl ökologische wie auch soziale Probleme einbringen. Die Experten für Wirtschaft schließlich betrachten die heimische Wirtschaft und geben eine Einordnung des Potenzials von Bioethanol in der EU. Die Arbeitsmaterialien für dieses Rollenspiel finden sich in [27].

In der „Beweisaufnahme“ im Sinne einer Expertenbefragung tragen die Experten nacheinander ihre Argumente vor. Allen Gruppen steht hierfür und für die anschließende Befragung exakt dieselbe Zeit zur Verfügung. Die Experten müssen entscheiden, welche ihrer Argumente sie in dieser Zeit vorbringen wollen. Der Fachausschuss entscheidet, ob und was hierzu nachgefragt wird. Dabei ist es wichtig, dass die Ausschussmitglieder sich untereinander absprechen und genau überlegen, welche Fragen sie den Experten stellen. Die anderen drei Gruppen sind in dieser Situation jeweils nur Beobachter.

Am Ende berät der Fachausschuss dann über die Glaubwürdigkeit, mögliche Kontroversen oder Übereinstimmungen

zwischen den einzelnen Positionen. Hieraus geht schließlich die Empfehlung des Ausschusses hervor. Die Mitglieder müssen aber auch darlegen, wie sie zu diesem Ergebnis gelangt sind, welche Argumente stärker gewichtet wurden als andere und welchen Positionen unter Umständen mehr Glauben geschenkt wurde. Nach der Entscheidung haben alle vier Gruppen noch einmal die Möglichkeit sich zu äußern und zu fragen, warum bestimmte Argumente in der Begründung nicht berücksichtigt wurden.

Die Unterrichtsreihe wurde in einem Projekt Partizipativer Aktionsforschung [18] mit einer Gruppe von Lehrkräften in Dortmund entwickelt und zyklisch optimiert. Sie wurde in mehreren zehnten und elften Klassen an Gymnasien in Deutschland erprobt. Die Einheit dauert etwa 7 bis 10 Unterrichtsstunden.

Die Lehrer beschrieben, dass die Unterrichtsreihe von den Schülerinnen und Schülern mit sehr viel Interesse aufgenommen wurde. Festgemacht wurde dies vorrangig an der Intensität und Qualität der Diskussionen. Hervorgehoben wurde, dass sowohl die zuvor erlernten Inhalte, als auch Informationen aus den Quellen und von außerhalb des Unterrichts in die Diskussion eingebracht wurden. Betont wurde, dass in der abschließenden Reflexion deutlich wurde, dass in einer politischen Debatte mit der Wertung des Fachausschusses eine verbindliche Entscheidung gefallen ist. Auch wenn sich in der Diskussion danach noch neue Argumente ergeben, würden diese in der politischen Entscheidungsfindung i. d. R. kein Gehör mehr finden.

Unabhängig zur Rückmeldung der Lehrkräfte wurden die Schülerinnen und Schüler mit offenen und Zustimmungsfragebogen befragt. Eine der offenen Fragen zielte auf die Einschätzung des Chemieunterrichts. Immer wieder tauchten Begriffe auf, wie „*interessant*“, „*informativ*“ und „*Spaß*“. Viele Schülerinnen und Schüler fanden die Vorgehensweise der Einheit gut und interessant. Besonders oft wurde die Möglichkeit des eigenständigen Arbeitens und des Lernens in der Gruppe positiv erwähnt. In einigen Schülerantworten tauchten jedoch auch Unsicherheiten auf, etwa „... *ich weiß aber nicht genau, ob das in den Chemieunterricht passt*“ oder „... *weicht aber im Inhalt vom eigentlichen Chemieunterricht ab, d.h., dass viel Wissen eher andere Fachbereiche betraf.*“ Eher ungewollt haben diese Schülerinnen und Schüler die notwendige Interdisziplinarität und Multiperspektivität der Fragestellung erkannt.

Die Ergebnisse des Zustimmungsfragebogens unterstützen die Aussagen aus den offenen Fragen (Abb. 6). Besonders positiv bewertet wurde das gemeinsame Erarbeiten im kooperativen Lernen am Beginn.

Hier stimmten fast alle Schüler zumindest teilweise zu, dass ihnen die Unterrichtsreihe gefallen habe, da sie gemeinsam mit den Mitschülern etwas erarbeitet hätten. 50% der Schülerinnen und Schüler stimmten dieser Aussage vollständig zu. Das gleiche Bild zeigte sich für eine Aussage, dass Unterricht mehr Spaß mache und weniger langweilig sei, wenn man wie hier andere Methoden einsetzt. Obwohl in dem

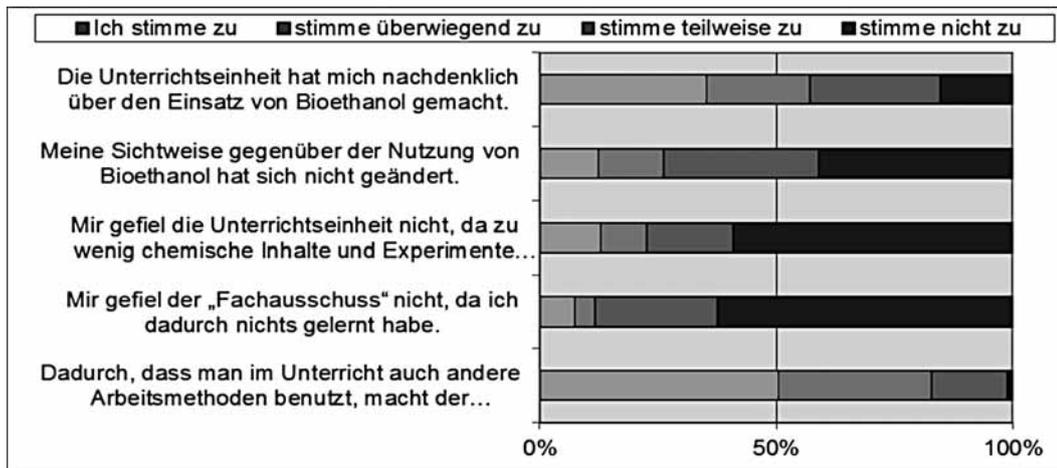


Abb. 6: Auszüge aus dem Likert-Fragebogen (N = 94)

offenen Fragebogen bei einigen Schülern erkennbar war, dass für sie die Phase der Diskussion für einen Chemieunterricht eher fremd war, gefiel weniger als 10% der Schüler das Planspiel nicht, da sie meinten in dieser Phase nichts gelernt zu haben. 65% der Schüler hatten dieses Gefühl ganz und gar nicht und verneinten diese Einschätzung vollständig, etwa 25% stimmten einer entsprechenden Aussage zumindest ansatzweise zu.

Bezogen auf die Inhalte zeichnet sich ein ähnlich positives Bild. Über 95% der Schülerinnen und Schüler stimmten zumindest teilweise zu, dass sich der Unterricht mit Inhalten beschäftigt habe, die sie persönlich interessiert hätten. Die Hälfte der Schüler stimmte dieser Aussage vollständig oder zumindest überwiegend zu. Etwas unter 90% der Schüler stimmten zumindest teilweise zu, dass sie die Unterrichtsreihe nachdenklich über die Nutzung von Bioethanol gemacht habe. Sogar fast 90% stimmten einer Aussage zumindest teilweise zu, dass sie Bioethanol jetzt anders als vor der Unterrichtsreihe bewerten würden.

Unterricht zum Klimawandel – Ein Beispiel aus der Chemie

Ausgehend von den Erfahrungen mit der Einheit zum Bioethanol wurde mit einer anderen Gruppe von Lehrkräften in Bremen nach demselben Unterrichtsansatz und dem gleichen Entwicklungsmodell dann eine Unterrichtsreihe zum Klimawandel in Angriff genommen. Ziel war die Entwicklung einer Unterrichtsreihe für die Jahrgänge 9 oder 10 des deutschen Schulsystems.

Hier beginnt der Unterricht mit einem Filmausschnitt aus einer Polit-Satire-Sendung des Fernsehens. In dieser Sendung werden Fakten zum Klimawandel und dessen Folgen, verfremdet, übertrieben und ironisch dargestellt. Wer würde nicht einen wärmeren Sommer oder palmengesäumte Strände an der deutschen Nordseeküste begrüßen?

Die Schülerinnen und Schüler sollen, ausgehend von dieser Provokation, sich ihrer Assoziationen zum Thema bewusst werden, Ideen entwickeln und Fragen an die Thematik sammeln. Bereits im Hinblick auf das spätere Planspiel wurden hier die Gruppen eingeteilt. Rollenspielgruppen sind: Der Ausschuss, Experten für Klimaschutz, für Mobilität und Verkehr, zur grünen Mobilität, zur Klimaforschung sowie aus der Automobilwirtschaft. Provokantes Szenario des Planspiels ist ein Gesetzentwurf, der das Führerscheinalter wieder auf 21 Jahre anhebt, um mit der Anzahl potenzieller Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer den Verkehr insgesamt und damit die Emissionen an Kohlenstoffdioxid zu reduzieren.

Wie bereits in der Pilotstudie wird auch hier eine Kombination aus Lernzirkel und abgesichertem Gruppenpuzzle genutzt. Es folgt ein Gruppenpuzzle zur fachlichen Erarbeitung dreier Themen aus dem Kontext des Klimawandels: Kohlenstoffdioxid, nachwachsende Rohstoffe und Erdöl. Die Schülerinnen und Schüler erstellen hier in den Expertengruppen Poster, um ihr Wissen in die Stammgruppen tragen zu können. Im anschließenden Lernzirkel gibt es dann insgesamt acht Stationen, von denen jede Gruppe entsprechend ihrer Rolle drei Pflichtstationen und bei zügiger Arbeit eine Zusatzstation bearbeiten soll (Abb. 7).

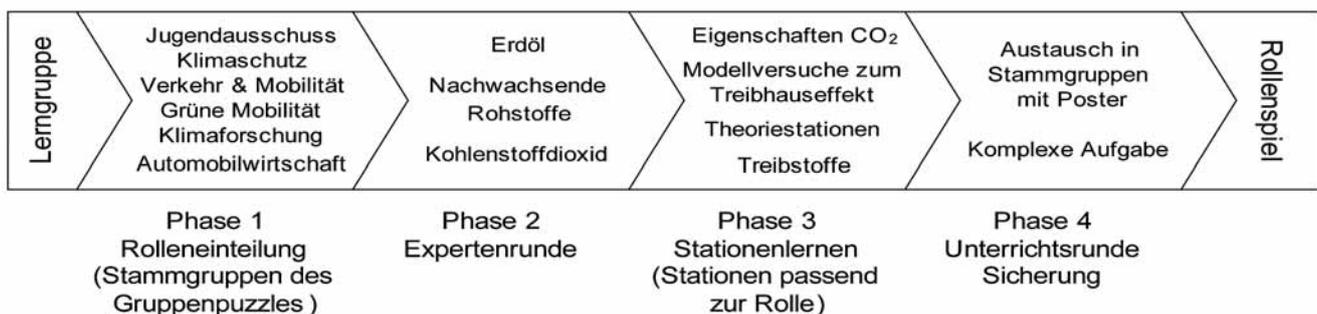


Abb. 7: Übersicht über das Gruppen-Lernzirkel-Puzzle in der Einheit zum Klimawandel im Fach Chemie

Nach der Sicherung in der zweiten Phase des Gruppenpuzzles wird die Rollenspielphase entlang von Arbeitsblättern und dem Internet vorbereitet. Im Rollenspiel stellen die Experten nacheinander dem Fachausschuss ihre Argumente vor, wobei – wie oben beschrieben – jede Expertengruppe die gleiche Zeit zur Verfügung hat, um vor dem Ausschuss ihr Sachwissen, ihre Interessen und ihre Perspektiven darzulegen und Nachfragen zu beantworten. Nach der Anhörung zieht sich der Ausschuss zur Beratung zurück und verkündet schließlich eine Entscheidung über das Szenario. In der Reflexion werden nochmals wesentliche Aspekte der Entscheidungsfindung besprochen.

Die Beobachtungen im Unterricht waren ganz ähnlich der oben beschriebenen Rückmeldung aus der Bioethanol-Einheit. In einem ersten Entwicklungszyklus haben vier Lehrkräfte die Unterrichtseinheit bisher in sieben Klassen (4 Gesamtschule und 3 Realschule) durchgeführt. Neben der Provokation, die die Frage eines Mindestalters von 21 Jahren für den Erwerb des Führerscheins für die Jugendlichen darstellt, wurde sehr schnell klar, dass diese sie dazu anregt, über Alternativen der Emissionssenkung von Kohlenstoffdioxid nachzudenken. Schwierigkeiten bereitete den Schülerinnen und Schülern z.T. die Einschätzung, welche Rollen, welche Position vertreten – darin hat sich ein Bedarf der Konkretisierung im Arbeitsmaterial gezeigt. Auch die Arbeitsanweisungen für die experimentelle fachliche Erarbeitung boten den Schülerinnen und Schülern z.T. noch nicht genügend Anleitung, was in neueren Versionen des Unterrichtsmaterials überarbeitet wurde.

Zwei der sieben Klassen haben die Erarbeitung im Lernzirkel als Blockveranstaltung im Schülerlabor an der Universität durchgeführt. Diese Möglichkeit des zusammenhängenden Arbeitens an einem außerschulischen Lernort hat zu einer stärkeren Bündelung und Fokussierung des fachlichen Lernens beigetragen. Ob, und wenn ja, in welcher Form, ein satirischer Einstieg in das Thema angemessen und zielführend ist, ist einer der Diskussionspunkte in der reflexiven Nachbearbeitung. Insgesamt aber schaffte es auch diese Einheit, eine hohe Motivation zu erzeugen und intensive Diskussionen anzuregen. Wieder etwas unsicher waren sich einige Schülerinnen und Schüler, ob diese Art von Unterricht und die Hinterfragung der gesellschaftlichen Entscheidungsprozesse wirklich in das Unterrichtsfach Chemie

passen würde. Aus Sicht der Chemie gesprochen sind Fragen einer nachhaltigen Entwicklung unbedingt auch der Wissenschaftsdomäne der Chemie zuzurechnen. Somit stellt dieser Eindruck der Schülerinnen und Schüler dann auch nicht die gewählte Thematik in Frage, sondern fordert die Frage heraus, welches Bild über Chemie der Chemieunterricht bis dahin bei den Schülerinnen und Schülern erzeugt hat und ob es nicht gerade dieses Bild ist, das die oftmals empfundene Irrelevanz des Chemieunterrichts hervorruft. Bis zur Veröffentlichung kann das Unterrichtsmaterial bei den Autoren angefordert werden.

Ein Blick in die Fächer Physik, Biologie und Politik

Parallel zur Einheit in der Chemie wurden auch Unterrichtseinheiten für den Physik-, Biologie- und Politikunterricht entwickelt. Das Grundprinzip der Einheiten ist immer gleich. Der Unterricht zielt auf den Erwerb überfachlicher Kommunikations- und Bewertungskompetenz ab, orientiert sich am gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht und nutzt die Methode des Rollen- oder Planspiels. Trotz ihrer Ähnlichkeiten haben die Lehrkräfte für ihre Einheiten aber jeweils einen unterschiedlichen fachspezifischen Schwerpunkt und Zugang gewählt (Tab. 1).

Für die Physik beginnt der Unterricht mit einem Lehrervortrag über die physikalischen Zusammenhänge des Treibhauseffekts. Diese werden in einem Lernzirkel gefestigt und vertieft. Es werden verschiedene Versuche und Modelle angeboten, um Teilphänomene des Treibhauseffekts zu vermitteln [28]. Weil Schülerinnen und Schülern die Unterscheidung von normativem und deskriptivem Wissen erfahrungsgemäß schwer fällt, wurde für die Physikeinheit eine explizite Übung zur Vorbereitung des Planspiels entwickelt. Die Schülerinnen und Schüler üben das Bewerten, indem sie Argumente nach Wissen, Normen/Werten und Interessen in einer sogenannten Argumente-Kommode sortieren (Abb. 8). Das Planspiel selber handelt dann von einem möglichen Importverbot für Frischobst, das auf besonders klimaschädigende Weise mit dem Flugzeug transportiert wird („Flugobst“). Ein fiktiver EU-Ausschuss diskutiert mit Experten und Vertretern von Lobbygruppen. Zeitungsreporter beobachten die Diskussion und schreiben über die Ergebnisse einen Artikel.

| Biologie | Chemie | Physik | Politik |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Einstieg über authentisches Zeitungscover • WebQuest „Klimawandel“ • Clustern – „Alltagsverhalten fördert Klimawandel“ sowie Lösungsvorschläge • Bewerten lernen anhand konkreter Planung eines Klassenausfluges • CO2 im Warenkorb? - Gruppenpuzzle (Tab. 2) • Erarbeitung der Rollen und Durchführung des Rollenspiels „Kein Fleisch in der Mensa?“ • Reflexion | <ul style="list-style-type: none"> • Einstieg über authentisches Video • Gruppenpuzzle (Erdöl, Nachwachsende Rohstoffe, CO2) • Stationenlernen • Sicherung mit einer komplexen Aufgabe (Tab. 2) • Erarbeitung der Rollen und Durchführung des Rollenspiels: „Führerschein mit 21“ • Reflexion | <ul style="list-style-type: none"> • Einleitungsvortrag „Ursachen und Folgen des Klimawandels“ • Stationenlernen • Übung zur Unterscheidung verschiedener Argumente mit der Argumente-Kommode • Option: Bewerten lernen konkret „Klimawandel in den Entwicklungsländern“ • Erarbeitung der Rollen und Durchführung des Rollenspiels „Importstopp von Flugobst“ • Reflexion | <ul style="list-style-type: none"> • Einstieg über authentischen Film „Tank oder Teller“ • Erarbeitung von Rollen für das Rollenspiel „Importstopp von Bioethanol“ • Erste Anhörung des Ethikrats • Verbesserung der Argumente • Zweite Anhörung • Ausarbeitung einer Empfehlung durch Ethikrat • Reflexion anhand der Empfehlung und Beobachtungsaufträge |

Tabelle 1: Übersicht über die Unterrichtsverläufe

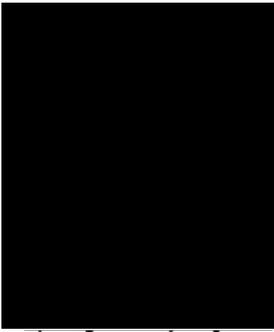


Abb. 8

In der Biologie beginnt die Einheit mit einem Cover des SPIEGEL aus dem Jahr 1986. In einem WebQuest werden die wesentlichen Fachinhalte zum natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt vermittelt. Die Auswirkungen des Einzelnen werden dann in einer Gruppenarbeitsphase reflektiert, wo der Beitrag des Einzelnen zur Emission von Treibhausgasen

deutlich wird. In einer weiteren Phase reflektieren die Schüler ethische Werte anhand der Frage, ob ein Klassenausflug mit dem Flugzeug oder dem Bus geplant werden solle. Daran schließt sich ein Gruppenpuzzle an, in dem verschiedene Einkaufskörbe auf die CO₂-Exposition ihrer Herstellung untersucht werden und dann Einsparmöglichkeiten an Kohlenstoffdioxid in den Bereichen Lagerung, Transport, Herstellung und Veredelung von Lebensmitteln diskutiert werden. Im Rollenspiel soll ein Schulvorstand mit Hilfe von vier Experten darüber entscheiden, ob auf Antrag der Schülervertretung zukünftig nur noch fleischlose Gerichte in der Schulmensa angeboten werden sollen.

Im Politikunterricht wird ähnlich der Pilotstudie die Thematik Bioethanol aufgegriffen. Die Einheit beginnt mit einem Film aus der arte-Reihe „Mit offenen Karten“ über den Konflikt steigender Treibstoffnachfrage bei gleichzeitig steigendem Nahrungsbedarf. Hier werden keine naturwissenschaftlichen Experimente gemacht, sondern man steigt gleich in die politische Debatte ein. Hauptziel ist die Vermittlung eines Wissens über politische Willensbildung und nicht die Vermittlung naturwissenschaftlicher Grundlagen. Im Rollenspiel arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Gruppen die Position ihrer jeweiligen Rolle heraus. In einer ersten Anhörung stellen die Experten ihre Argumente einem von der EU-Kommission einberufenen fiktiven Ethikrat vor. Danach haben die Gruppen erneut Zeit, ihre Argumente zu überarbeiten und einzubeziehen, was sie von den anderen Gruppen gehört haben. Dabei können sie Koalitionen bilden oder Abgrenzungen vornehmen. Danach folgt eine zweite Anhörung, wobei der Ethikrat jetzt genauer nachfragt und dafür Sorge trägt, dass die zentralen Fachinhalte und Werthaltungen der Gruppen deutlich werden. Am Schluss verkündet die Kommission ihre Empfehlung, die anderen Schülerinnen und Schüler sind mit Beobachtungsaufträgen ausgestattet, die die anschließende Reflektion der Empfehlung und des Urteilsprozesses strukturieren.

Ausblick

Die Erfahrungen mit dem hier beschriebenen Unterricht sind im Grundkonzept wie auch der individuellen Ausgestaltung sehr positiv. Eine ausführliche Darstellung der ersten Erprobungen findet sich in [14]. Sie unterstützen die durchweg sehr positiven Erfahrungen mit dem gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht zu anderen Themen [6, 19]. Die Thematik wird von Lehrkräf-

ten wie Schülerinnen und Schülern als hochgradig relevant angesehen und die Begeisterung der Schülerinnen und Schüler ist bei den meisten erkennbar. Die genauen Auswirkungen des Unterrichts werden in verschiedenen begleitenden Studien derzeit untersucht, wobei ein Fokus auch auf der Frage liegt, ob und inwiefern die beteiligten Fächer und dabei insbesondere deren Lehrkräfte mit dieser Thematik in ihrem Unterricht unterschiedlich umgehen.

Neben der Begleitforschung zur Wirkung des Unterrichts, werden die Unterrichtsszenarien zunehmend optimiert und miteinander vernetzt. Dabei werden auch Angebote hin zu einer fächerübergreifenden Einheit für die Schule entwickelt, die derzeit bereits in der außerschulischen Bildung, etwa im Klimahaus Bremerhaven 8° Ost oder einer Sonderausstellung des Oldenburger Museums ‚Natur und Mensch‘, eingesetzt werden.

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung dieses Projekts. Wir danken auch den Kolleginnen und Kollegen aus den anderen Fächern in diesem Projekt und den vielen Lehrkräften, die an der Entwicklung und Untersuchung mitgewirkt haben.

Literatur

- [1] Osborne J. F. (2001). Science education for contemporary society: problems, issues and dilemmas. In O. de Jong, E. R. Savelsbergh, & A. Alblas (Hrsg.), Teaching for scientific literacy (S. 15-26). Utrecht: cdB.
- [2] Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29, 1347-1362.
- [3] Hofstein, A., Eilks, I., & Bybee, R. (2010). Societal issues and their importance for relevant science education. In I. Eilks & B. Ralle (Hrsg.), *Contemporary science education* (S. 5-22), Aachen: Shaker.
- [4] Bybee, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, 71, 667-683.
- [5] Elmoose, S., & Roth, W.-M. (2005). Allgemeinbildung: Readiness for living in a risk society. *Journal of Curriculum Studies*, 37, 11-34.
- [6] Marks, R., & Eilks, I. (2009). Promoting Scientific Literacy using a socio-critical and problem-oriented approach in chemistry education: concept, examples, experiences. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4, 231-245.
- [7] OECD. Deutsches PISA Konsortium (2000). Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Eine Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten. Berlin. MPI.
- [8] KMK (2004). Bildungsstandards für den Mittleren Bildungsabschluss. Naturwissenschaftliche Fächer. www.kmk.org (01.06.2009).
- [9] Klafki, W. (2000). The significance of classical theories of Bildung for a contemporary concept of Allgemeinbildung. In I. Westbury, S. Hopmann & K. Riquarts (Hrsg.), *Teaching as a reflective practice: the German Didaktik*

- tradition (pp. 85-108). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- [10] Roth, W. M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88, 263-291.
- [11] Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536.
- [12] Marks, R., & Eilks, I. (2005). Low Fat oder Low Carbs? - Kooperatives Lernen in einem gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16 (88/89), 66-70.
- [13] Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific literacy – an international symposium* (S. 37-68). Kiel: IPN.
- [14] Eilks, I., Feierabend, T., Höttecke, D., Hössle, C., Menche, J., Mrochen, M., & Oelgeklaus, H. (2010). Bewerten Lernen und Klimawandel in vier Fächern – Erste Einblicke in das Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“ (Teil 1 und 2). *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, angenommen.
- [15] de Haan, G., Kamp, G., Lerch, A., Martingnon, L., Müller-Christ, G., & Nutzinger, H. G. (2008). *Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit. Grundlagen und praktische Konsequenzen*. Berlin: Springer.
- [16] Marks, R., Bertram, S., & Eilks, I. (2006). Chemiebezogene Bewertungskompetenz entwickeln - durch offene gesellschaftskritische Kontroversen im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 17 (94-95), 69-73.
- [17] Hößle, C. (2007). Theorien zur Entwicklung und Förderung moralischer Urteilsfähigkeit. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Handbuch der Theorien in der biomedizinischen Forschung*. Berlin: Springer, 196-207.
- [18] Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung - ein Modell für eine praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *Chemie konkret*, 9, 13-18.
- [19] Eilks, I., Marks, R., & Feierabend, T. (2008). Science education research to prepare future citizens – Chemistry learning in a socio-critical and problem-oriented approach. In B. Ralle & I. Eilks (eds.), *Promoting successful science learning – The worth of science education research* (S. 75-86). Aachen: Shaker.
- [20] Eilks, I. (2002). Teaching ‚Biodiesel‘: A sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching, and students' first views on it. *Chemical Education: Research and Practice in Europe*, 3 (1), 67-75.
- [21] Eilks, I. (2001). Biodiesel - kontextbezogenes Lernen in einem gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 50 (1), 8-10.
- [22] Feierabend, T., & Eilks, I. (2009). Bioethanol – Bewertungs- und Kommunikationskompetenz Schulen in einem gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 62, 92-97.
- [23] Brown, L. (2007). Sprit für die Welt. www.spiegel.de/spiegelspecial/0,1518,474490,00.html (18.03.08).
- [24] Leerhoff, G., Möllering, J., & Eilks, I. (2000). Lernzirkel zur Behandlung der Stoffeigenschaften. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 53, 231-234.
- [25] Leerhoff, G., Kienast, S., Markic, S., & Eilks, I. (2005). Das abgesicherte Gruppenpuzzle. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 16 (88/89), 28-33.
- [26] Feierabend, T., & Eilks, I. (2008a). Bioethanol - ein brauchbarer Benzinersatz? - Ein Gruppen-Lernzirkel-Puzzle zu den Grundlagen der Chemie der Alkohole. *RAABits Chemie Sekundarstufe II*, 25. Ergänzungslieferung, II/H 15, 1-26.
- [27] Feierabend, T., & Eilks, I. (2008b). *Fachausschussplan-spiel zum Bioethanol*. www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/material/.
- [28] Höttecke, D., Maiseyenko, C., Rethfeld, J., & Mrochen, M. (2009). Den Treibhauseffekt verstehen - ein Lernzirkel. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 20 (111/112), 24-36.

Jahreshauptversammlung des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts am 18. Nov. 2010

Die Neuwahl des Vorstands 2010/2011 ergab:

Obmann: ao.Univ.Prof. i.R. Dr. Helmut Kühnelt
 Obmann-Stv.: LSI Mag. Günther Wagner
 Schriftführerin: Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer
 Schriftführer-Stv.: HOL Gerald Grois
 Kassier: Prof. Mag. Maria-Magdalena Schäffer
 Kassier-Stv.: Prof. Mag. Theodor Duenbostl
 Kassaprüfer: HOL Werner Rentzsch, Prof. Mag. Helmut Wanek

Nach langjähriger Tätigkeit schied der bisherige Obmann-Stv. LSI i.R. Mag. Wolfgang Wurm aus dem Vorstand und schlug LSI Mag. Günther Wagner, Stadtschulrat Wien, als Nachfolger vor.
 Herrn Mag. Wolfgang Wurm und der ebenfalls ausscheiden-

den Schriftführerin Dr. Helga Stadler dankte der Obmann für die langjährige Tätigkeit.

Als neue Schriftführerin wurde Frau Mag. Dr. Claudia Haagen-Schützenhöfer (AECC Physik, Universität Wien) gewählt.

Beirat:

Prof. Mag. Ilse Bartosch, PD Dr. Franz Embacher, Prof. Dr. Ilse Fabian, Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf, Ass.-Prof. Dr. Heinz Kabelka, Ao. Univ.-Prof. Dr. Gerhard Kahl, Mag. Michael Kugler, Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens, Mag. Dr. Christoph Luef, HOL Christian Masin, OStR Ing. Mag. Helmuth Mayr, Mag. Susanne Neumann, Mag. Robert Pitzl, HOL Werner Rentzsch, Univ.-Prof. Dr. Romano Rupp, Dir. Dr. Edwin Scheiber, OStR Mag. Leopold Stadler, Prof. Mag. Helmut Wanek

Einsatz und Effektivität authentischer Lernmedien im Physikunterricht

Jochen Kuhn

Einleitung

Die Tendenz im Physikunterricht ist in den letzten Jahren unübersehbar: Weg von reinem Formellernen und Einsetzungsaufgaben, hin zu abwechslungsreichen, fächerübergreifenden Problemstellungen in multiplen Kontexten mit flexiblen Lösungswegen [1]. Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen [2] ins Zentrum des Physikunterrichts zu rücken, deren Bedeutung zu stärken und sie nicht als eher lästiges Beiwerk im Physikunterricht aufzufassen, wird als einer der Schlüssel angesehen, um auch den durch die internationalen Schulleistungs-Vergleichsstudien der letzten Jahre diagnostizierten Defiziten entgegenzuwirken. Dabei spielen Problemstellungen in authentischen, für die Schüler¹⁾ sinnstiftenden Kontexten eine essentielle Rolle, um ‚träges Wissen‘ [3] zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren.

In diesem Beitrag werden der Einsatz und die Effektivität authentischer Lernmedien – speziell sog. *Zeitungsaufgaben* – als Beispiele solcher authentischer, sinnstiftender Aufgabenkontexte vorgestellt. Ebenso sollen dabei vier in der Physikdidaktik und in den Diskussionen mit Lehrkräften immer wieder auftretende Fragen diskutiert werden:

- Warum soll man eine Kontextorientierung im Unterricht umsetzen (theoretische Fundierung)?
- Wie erreicht man eine für den Unterricht gewinnbringende Kontextorientierung?
- Welche Kontexte oder was soll unterrichtet werden?
- Wozu sollte man eine Kontextorientierung berücksichtigen?

Ausgangspunkte – Die Frage nach dem ‘Warum’

Die Analysen der internationalen Schulleistungs-Vergleichsstudien der letzten Jahre zeigten, dass Lernende die im Unterricht erworbenen Kenntnisse nur unzureichend auf konkrete Alltagsprobleme übertragen und diesbezügliche Anwendungs- und Transferaufgaben in neuen Situationen nur defizitär lösen können. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Wissenserwerb eher vom Anwendungskontext abgelöst erfolgt. Dieses als *träges Wissen (inert knowledge)* [4, 5, 6]

PD Dr. habil. Jochen Kuhn, Universität Koblenz-Landau, Campus Landau, Lehrinheit Physik, Fortstr. 7, 76829 Landau, E-Mail: kuhn@uni-landau.de

1) Mit der männlichen Form ist stets das weibliche Äquivalent mitgemeint.

in der Lern- und Instruktionspsychologie bekanntes Problem ist u. a. auch auf die *synthetische Wirklichkeit* des auch heute noch überwiegend anzutreffenden traditionellen Physikunterrichts und die dort eingesetzten Aufgabenformate zurückzuführen [7]: Die Schüler erleben darin physikalische Begriffe und Inhalte in einem reinen Schulkontext, die zu bearbeitenden, Aufgaben sind häufig alltagsfern und dienen nur zum Üben des bereits Erlernten, um einen möglichst großen Vorrat an Wissen und Können systematisch zu erwerben. Sie sind aber nur unzureichend in der Lage, in konkreten Situationen mit diesem Wissen umzugehen.

Zur Lösung der Problematik des *trägen Wissens* wird in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken verstärkt ein Lehren und Lernen in unterschiedlichen Kontexten mit authentischen Problemstellungen im Rahmen einer neuen *Aufgabenkultur* diskutiert [8, 9, 10, 11, 12]. Solche Vorschläge sind dabei keineswegs erst nach den internationalen Analysen der letzten Jahre entstanden. Bereits Arbeiten aus Mitte der 1970er Jahre [13, 14] sowie das *Salter's Advanced Chemistry Project* [15], der STS-Ansatz²⁾ [16, 17, 18] und das *Lernen im sinnstiftenden Kontext* [19] stellen Einbindungsmöglichkeiten naturwissenschaftlicher, speziell physikalischer Unterrichtsthemen in alltägliche und gesellschaftlich relevante Inhalte vor. Dabei umfasst der Begriff *Kontext* v. a. zwei Aspekte, einen inhaltlichen durch die Einbindung in alltägliche, authentische und gesellschaftlich relevante Zusammenhänge sowie einen unterrichtsmethodischen durch die Einbindung des Inhaltes in eine lernförderliche Lernumgebung. Während die Vertreter in der ersten Phase der Entwicklung kontextorientierter Unterrichtsmaterialien und -choreographien beide Aspekte häufig isoliert von einander betrachtet haben, werden seit der kontextorientierten *Renaissancebewegung* in den 1990er Jahren beide Aspekte berücksichtigt und aufeinander abgestimmt. Denn nationale und internationale Analysen verdeutlichten einmal mehr, dass es nicht ausreicht, Alltagsbezüge in fachsystematisch orientiertes Lernen einzubetten. Stattdessen wird ein Lernen anhand authentischer Kontexte propagiert, das von authentischen Problemstellungen ausgeht und die Problemlösung in den Mittelpunkt des Unterrichts rückt.

2) Als STS-Ansatz wird die Behandlung des Themas „Science and Technology in Society“ bezeichnet, also die Rolle behandelt, die Naturwissenschaft und Technik in der Gesellschaft spielen

Theoretisch begründet sind diese Bestrebungen durch eine der führenden Rahmentheorien der Lern- und Instruktionspsychologie: das *Situierte Lernen* [20, 21]. Darin wird *Wissen* nicht unabhängig vom Individuum als Ansammlung von Fakten und Regeln, sondern als aktiver Konstruktionsprozess jedes Einzelnen in sozialer Interaktion mit Anderen verstanden. Somit kann die Theorie des *Situierten Lernens* als Synthese aus kognitiven und gemäßigt konstruktivistischen Theorien betrachtet werden, die Lernen als Wechselbeziehung zwischen personeninternen, konstruierenden und personenexternen, situativen Komponenten versteht [22].

Theoretische Einordnung – Die Frage nach dem ‘Wie’

Zur Initiierung von situiertem Lernen müssen solche Lernmedien verwendet werden, die den Merkmalen dieses lerntheoretischen Ansatzes entsprechen und die darin skizzierten Lerngelegenheiten ermöglichen.

Einer der führenden Ansätze des Situierten Lernens im anglo-amerikanischen Sprachraum, der sog. *Anchored Instruction*-Ansatz (AI-Ansatz), verwendet z. B. interaktive, multimediale Videodisks [23, 24]. Kurz gesagt, könnte AI als multimediale, komplexe Textaufgabe bezeichnet werden: Die Schüler sehen zunächst eine Videosequenz, in der eine Geschichte von realen Personen in einer realen Umgebung dargestellt wird. Der ca. 15–20 minütige Film endet mit einer komplexen Problemstellung, die die Lernenden in der Klasse bzw. in Kleingruppen vorwiegend selbstständig lösen. Dabei können sie auf einzelne Episoden und speziell arrangierte Themen im Filmmaterial zugreifen. Diese interaktiven, multimedialen Videofilme (bzw. CD-ROM oder DVD) sind somit das zentrale Mittel von AI, das sog. Ankermedium – oder kurz der *Anker*. Dieser bildet als reichhaltig authentische Lernumgebung den Makrokontext zur Schaffung der beabsichtigten Lerngelegenheit und muss dazu ganz bestimmte Designprinzipien erfüllen. Idealerweise ist der Anker so interessant, dass er das motivierte Arbeiten an den identifizierten Problemstellungen leitet und herausfordert. Das explorative Lernen ist durch die narrative Struktur der Darstellungen eingebettet. Die Lernenden sollen Einsichten erfahren und durch eigenes Handeln die notwendigen Problemlösekompetenzen aktiv erwerben. Das erlernte Wissen soll somit über den schulischen Bereich hinaus flexibel aufgebaut werden. Die Lernenden sollen Sinnhaftigkeit, Bedeutungsgehalt und Relevanz des Lerninhaltes erkennen, so dass die Lösung der Problemstellung nicht nur als wichtig für einen guten Leistungsnachweis oder das Erreichen des Klassenziels erkannt wird. Die Entwicklung von Ankermedien orientiert sich dabei an ganz bestimmten Designprinzipien [25, 22]. Ausgangspunkt dieses Ansatzes ist die Überzeugung, dass es wichtig ist, Lehren und Lernen in möglichst authentischen Kontexten zu verankern, die von den Lernenden das Lösen bedeutungshaltiger Probleme erfordern [26 – Stichwort *verankerte Instruction*]. Der grundlegende Gedanke besteht somit darin, dass der entscheidende Punkt jedes Lernens der Aufbau kognitiver Strukturen ist. Es kommt auf den *Ankergrund* für die Verankerung neuen Lernstoffes an. Situiertheit wird bei AI durch das Bereitstellen eines media-

len Kontextes simuliert, der als *Interesseanker* dient, von dem aus Problemlösefähigkeiten entwickelt werden sollen.

Dabei ist die Umsetzung des AI-Ansatzes aus fachdidaktischer und unterrichtspraktischer Sicht auch mit wesentlichen Schwierigkeiten bzw. Defiziten verbunden: Erstens ist die Entwicklung solcher Ankermedien mit erheblichem materiellen und personellen Aufwand verbunden, was dazu führt, dass selbst Vertreter dieses Ansatzes das Kosten-Nutzen Verhältnis bei der Verwendung der AI-Medien in der originär propagierten Form kritisch einschätzen [27, 28, 29]. Der entscheidende Faktor ist dabei das Verhältnis von Entwicklungsstunden für die Medien zu den damit durchführbaren Unterrichtsstunden. Einschlägige Schätzungen gehen für die Entwicklungsphase multimedialer Videodisks davon aus, d. h. dass pro Unterrichtsstunde 100 Entwicklungsstunden für das Ankermedium aufgewendet werden mussten (dieser Schätzwert hat sich in den Folgejahren nicht wesentlich geändert, [30]). Dieser Wert steigt mit zunehmender Funktionalität bei den Ankermedien (Interaktionsgrad, Nachschlagfunktion für Zusatzinformation etc.) rasch auf 500 und mehr. Dieses Verhältnis ist in der schulischen Realität völlig unmöglich. Anders als diese multimedialen Ankermedien, deren Entwicklungsaufwand sehr groß ist und die nur eine ungenügende didaktisch-inhaltliche Variabilität aufweisen, sind Text- oder auch Bildmedien (natürlich heute auch in digitaler Form) vergleichsweise leicht zu erstellen und zu verändern. So kann, mit vertretbarem Aufwand, die erforderliche Flexibilität in Bezug auf Unterrichts- und Personenparameter (Themen, Niveau, Länge, Offenheitsgrad,...) und auf sich zeitlich ändernde technische und unterrichtliche Bedingungen verwirklicht werden. Aus diesem Grund entwickelten Kuhn und Müller [9] eine Modifizierte Anchored Instruction (MAI), die auf den Designprinzipien von AI basiert, diese aber in essentiellen Punkten hinsichtlich Praktikabilität und Flexibilität für den Unterricht modifiziert [10]. Dies hat zur Folge, dass zwei der AI-Designprinzipien, nämlich *videobasiertes Ankermediumformat* und *hohe Problemkomplexität*, zu den MAI-Prinzipien *affektives Ankermedium* und *regelbare Problemkomplexität* modifiziert wurden (Abb. 1).

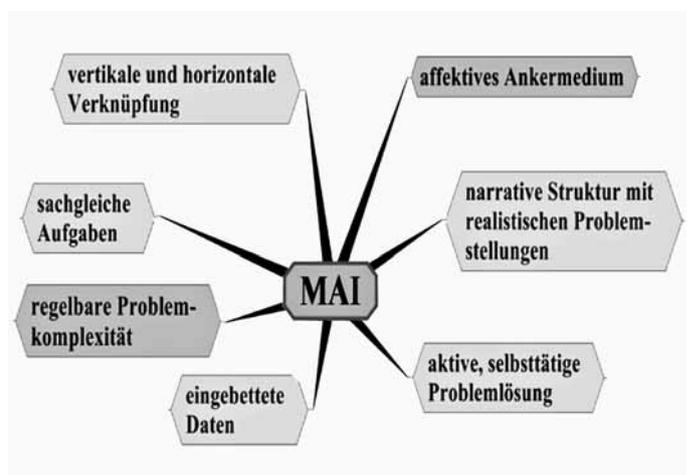


Abb.1: MAI-Designprinzipien

Zeitungsaufgaben als Beispiele authentischer Lernmedien im Physikunterricht – Die Frage nach dem ‘Was’

Nachdem verdeutlicht wurde, wie eine Kontextorientierung erreicht werden kann, stellt sich die Frage, welche Inhalte geeignet sind, um kontextorientiertes Lernen zu initiieren. Wichtige empirische Hinweise dazu liefert die IPN-Interessenstudie [31, 32]. Danach sehen 55% der befragten Schüler den Themenbereich *Mensch und Natur* und 25% den Bereich *Physik und Gesellschaft* als bedeutsam an. Somit ist die Eignung von Unterrichtsinhalten z. B. aus Bereichen wie *Physik und Medizin*, *Physik und der menschliche Körper*, *Physik und Sport* sowie *Physik und Gesellschaft* für einen kontextorientierten Unterricht auch empirisch begründet. Die Berücksichtigung dieser Interessensbereiche allein stellt jedoch noch nicht sicher, dass die Kontextorientierung zu der gewünschten Lernwirksamkeit führt.

Die Verwendung authentischer Problemstellungen im Rahmen solcher Themenbereiche für kontextorientiertes Lernen setzt voraus, dass darüber hinaus *vorgebliche Kontexte* vermieden werden müssen [7, S 109]. Die Authentizität der Problemstellung darf nicht vorgetäuscht werden, wobei der Begriff *Authentizität* sowie das Adjektiv *authentisch* oft sehr unspezifisch verwendet werden und als Eigenschaftsbündel aufgefasst werden muss: „*Im Allgemeinen wird unter Authentizität die Qualität des Bezuges zur realen Welt verstanden. Allerdings gibt es verschiedene Facetten von Authentizität.*“ [33, S 38]. Untersuchungen zeigen, dass Zeitungsaufgaben sowohl den Anforderungen des MAI-Ansatzes als auch den durch die IPN-Interessenstudie ausgewiesenen Themenbereichen in besonderem Maße genügen [10], weshalb dieses Lernmedium im Folgenden detaillierter ausgeführt wird.

Zeitungsaufgaben bestehen aus einem Instruktionstext, der nach Text und Layout weitgehend unverändert aus Zeitungen entnommen wurde, und einer oder mehrerer Aufgabenstellungen, die sich auf diesen Text beziehen (Abb. 2). Solche Aufgaben haben in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtspraxis eine gewisse Tradition. Zu deren erfolgreichen Einsatz liegen aktuelle Beispielsammlungen und Erfahrungsberichte vor, umfangreich in Mathematik [34] und mit ersten Vorschlägen in der Physik [35]. Mit Blick auf die gemäß der Lernpsychologie für ein erfolgreiches Lernmedium erforderlichen Designprinzipien (Abb. 1) und den durch die IPN-Interessenstudie [36] ausgewiesenen Themenbereichen kann bzgl. Zeitungsaufgaben Folgendes festgestellt werden:

Gesellschaftlich relevante Themen sind per se Gegenstand von Zeitungsartikeln (andernfalls würden die Themen nicht in Zeitungen erscheinen). Aber auch Themen zu Sport, Medizin und zum menschlichen Körper sind in Zeitungen häufig zu finden, da sie nicht nur für Schüler sondern auch für die Gesellschaft allgemein von Interesse sind. Deshalb ist die Vermutung nahe liegend, dass bei Zeitungsaufgaben die Gefahr vorgeblicher Kontexte kaum gegeben sein sollte, da die dort aufgeführten Daten und Zusammenhänge real und

authentisch vorliegen. Mit Hinblick der Anforderungen an MAI-Lernmedien (Abb. 1) scheinen solche Aufgaben durch deren Realitätsbezug, den affektiv ansprechenden *Story-Charakter* und deren häufig fächerübergreifenden Aspekten auch die restlichen lernpsychologisch geforderten Designprinzipien zu erfüllen.

Diese vordergründig zunächst plausibel erscheinenden Einschätzungen von Zeitungsaufgaben müssen selbstverständlich überprüft werden. Denn es ist ja nicht selbstverständlich, dass z. B. ein für Lehrer authentisch anmutender Text von Schülern auch tatsächlich als authentisch wahrgenommen wird. Dieser *Manipulation Check* wurde von Kuhn [10] für Zeitungsaufgaben durchgeführt und empirisch bestätigt.

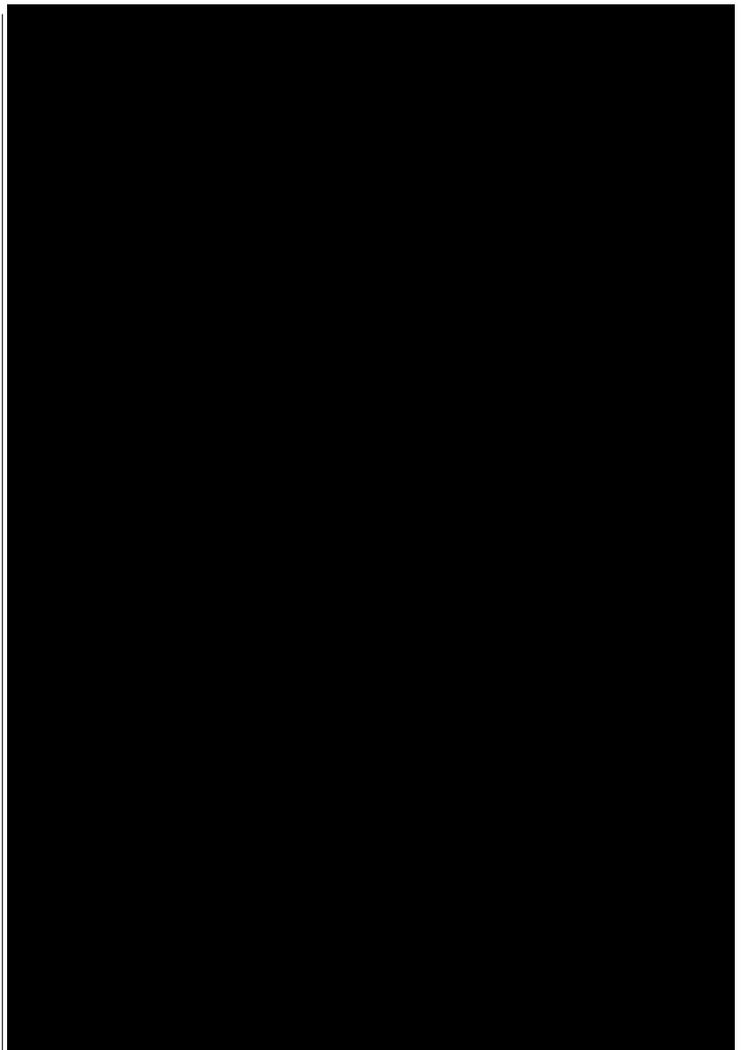


Abb. 2: Zeitungsaufgaben zum Themenbereich *Energie* als Beispiel für ein MAI-Ankermedium (Kuhn, 2010, S. 50)

Ein entscheidender Vorteil von Zeitungsaufgaben gegenüber anderen Lernmedien sind deren Flexibilität und Praktikabilität: Texte bzw. Bilder (natürlich heute auch als Dateien) sind nämlich vergleichsweise leicht zu erstellen und zu verändern – in diesem Sinne also *kleine Lernanker*. So kann, mit vertretbarem Aufwand, die erforderliche Flexibilität in Bezug auf Unterrichts- und Personenparameter (Themen, Niveau, Länge, Offenheitsgrad, um nur die wichtigsten zu nennen) sowie auf sich zeitlich ändernde technische und unterrichtliche Bedingungen verwirklicht wer-

den. Entscheidend wird eine solche Flexibilität des MAI-Ansatzes mit Zeitungsaufgaben für das Charakteristikum der *regelbaren Komplexität* (Abb. 1). Dabei fügen sich die Vorzüge der Selbsttätigkeit und Authentizität von MAI unter Verwendung von Zeitungsaufgaben als Lernmedien nahtlos in die Charakteristika einer neuen *Aufgabenkultur* ein [10].

Effektivität von Zeitungsaufgaben – Die Frage nach dem ‘Wozu’

Zeitungsaufgaben stellen somit ein Lernmedium dar, das aus lernpsychologischer und physikdidaktischer Sicht zu Motivations- und Lernerfolg führen kann. Aus diesem Grund wurden diese Lernmedien in mehreren umfangreichen Untersuchungen im Sinne einer nutzenorientierte Grundlagenforschung³⁾ in der Physikdidaktik im Rahmen des alltäglichen Physikunterrichts auf deren Effektivität hinsichtlich der Erhöhung von Motivation und Leistungsfähigkeit erprobt [10].

Studie zur Breitenwirkung und Robustheit: Material und Methode

Zielgruppe der entsprechend dem MAI-Ansatz entwickelten Zeitungsaufgaben sind grundsätzlich alle Schüler der Sekundarstufe I und II sowie Studierende. Dabei standen in der hier berichteten Untersuchung zunächst physikalische Themen aus den Bereichen (*Durchschnitts-)Geschwindigkeit* (Jahrgangsstufe 7/8) und *elektrische Energie* (Jahrgangsstufe 9/10) im Vordergrund [37].

Dieser Untersuchungsteil wurde schulartübergreifend mit 15 Lehrkräften und 911 Lernenden (Themenbereich *Geschwindigkeit*: Altersdurchschnitt 12,8 Jahre; 56% weiblich; 44% männlich; Themenbereich *Elektrische Energie*: Altersdurchschnitt 16,3 Jahre; 52% weiblich; 48% männlich) an zehn Schulen der Sekundarstufe I des Bundeslandes Rheinland-Pfalz der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt. Den Untersuchungsverlauf zeigt Abb. 3.

| Woche | KONTROLLGRUPPE (KG) | EXPERIMENTALGRUPPE (EG) |
|---------|---|---|
| 1 | Test zur allgemeinen Intelligenz, Test zur Lesekompetenz | Test zur allgemeinen Intelligenz, Test zur Lesekompetenz |
| | Motivations-Prätest | Motivations-Prätest |
| 2 | TRADITIONELLE AUFGABEN zum Themenbereich | Arbeitsblatt 1 |
| 3 | | Arbeitsblatt 2 |
| | | Aktueller Motivationstest |
| 4 | | Arbeitsblatt 3 |
| 5 | Leistungs-Posttest | Leistungs-Posttest |
| | Motivations-Posttest | Motivations-Posttest |
| 6...9 | konventioneller Unterricht in neuem Stoffgebiet | |
| 10 | Follow-up Leistungstest | Follow-up Leistungstest |
| 11...13 | konventioneller Unterricht in neuem Stoffgebiet | |

Abb. 3: Untersuchungsverlauf [10 S. 97]

³⁾ Eine nutzenorientierte Grundlagenforschung in der Bildung kritisiert die Konzentration aktuellerer Lehr-Lern-Forschung auf kleine Interventionsstudien und postuliert die Prüfung der Gültigkeit der dort erzielten Erkenntnisse in der Breite [38, 39, 10]

In einem quasi-experimentellen Untersuchungsdesign unterrichtete jede Lehrkraft sowohl eine Versuchsklasse (Experimentalgruppe EG), in der mit Zeitungsaufgaben (Abb. 4a) gearbeitet wurde, als auch eine Kontrollklasse (Kontrollgruppe KG), in der mit traditionellen Aufgaben (Abb. 4b) gearbeitet wurde, um den Faktor *Lehrkraft* als Einflussfaktor zwischen diesen Gruppen ausschließen zu können.

Insgesamt dauerte die Bearbeitung der Arbeitsblätter drei Wochen, wobei pro Woche zwei Physikstunden stattfanden. Die Aufgaben der Arbeitsblätter – Zeitungsaufgaben in Experimentalgruppen bzw. traditionelle Aufgaben in Kontrollgruppen – bestanden aus Übungs- und Transferaufgaben zum jeweiligen Thema (insgesamt jeweils elf Aufgaben in der Instruktionsphase). Die Schwierigkeitsgrade der Aufgaben entsprachen denen in den Leistungstests.

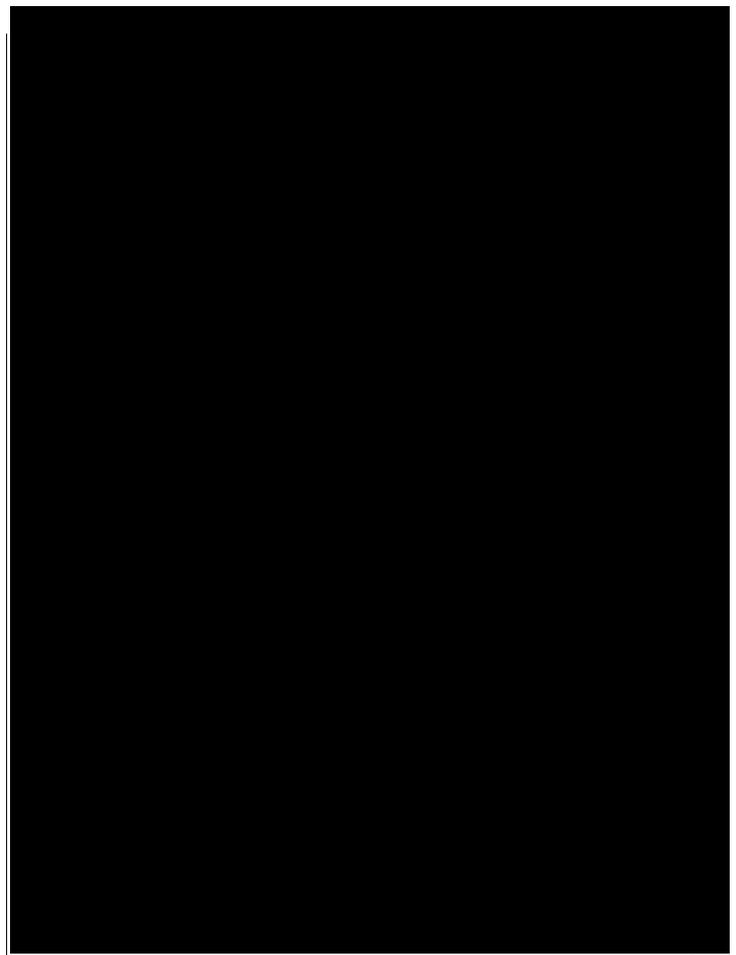


Abb. 4: Kanalüberquerung
a) Zeitungsaufgabe und b) traditionelle Aufgabe
im Themenbereich *Geschwindigkeit* [10 S. 58]

Die Motivation und die Leistungsfähigkeit wurden in dieser Untersuchung mit eigens dazu entwickelten Tests erfasst. So bestand der Motivationstest aus 26 Items, unterteilt in drei verschiedene Bereiche (Intrinsische Motivation, Selbstkonzept, Realitätsbezug/Authentizität) und orientiert an gut validierten Motivationstests [32]. Der Leistungsstand nach der Bearbeitung der Arbeitsblätter wurde durch zwei schriftliche Leistungsüberprüfung mit vier (Themenbereich *Geschwindigkeit*) bzw. fünf Aufgaben (Themenbereich

Elektrische Energie) erfasst. Der Hauptteil der Aufgaben entsprach jeweils den PISA-Kompetenzstufen I und II, der Rest den Kompetenzstufen III bzw. IV. Andere Faktoren, wie Lesekompetenz und allgemeine Intelligenz, wurden durch standardisierte Tests erhoben.

Studie zur Breitenwirkung und Robustheit: Ergebnisüberblick

Aus Gründen des Umfangs können die Ergebnisse der Untersuchung an dieser Stelle nur exemplarisch, auszugsweise und überblicksartig berichtet werden, wobei sich auf die wesentlichen Erkenntnisse beschränkt wird. Für eine ausführliche Darstellung und Diskussion der Ergebnisse sei auf Kuhn (2010) verwiesen.

Der Vergleich der Motivation vor, während, direkt nach sowie mehr als zwei Monate nach Abschluss der Untersuchung zeigt für den Themenbereich *Elektrische Energie* (Abb. 5): Während die Motivation der Schüler in den Experimental- und Kontrollgruppen (EG bzw. KG) vor der Untersuchung nahezu identisch war, werden Lernende durch die Bearbeitung von Zeitungsaufgaben (in den EG) deutlich stärker motiviert als durch die Bearbeitung von traditionellen Aufgaben (in den KG). Dieser Motivationsunterschied ist auch noch zwei Monate nach Abschluss der Untersuchung deutlich nachzuweisen, sodass eine nachhaltige Motivationsförderung durch Zeitungsaufgaben festgestellt werden konnte.

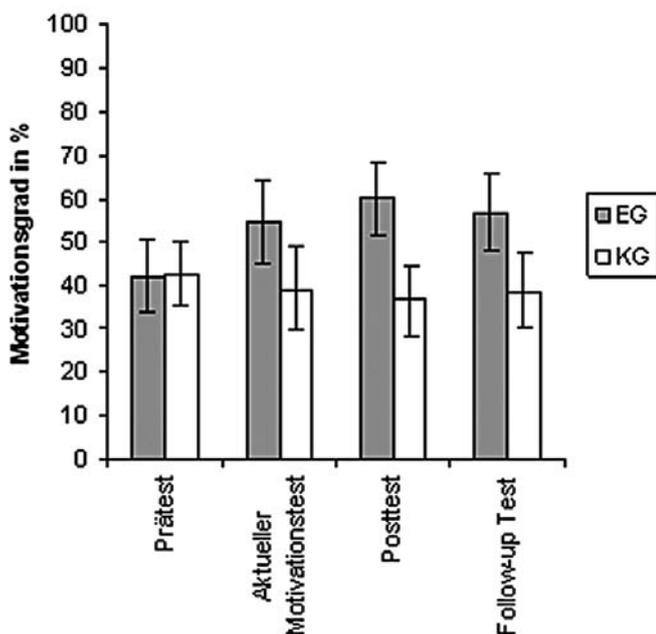


Abb. 5: Verlauf der Gesamtmotivation⁵⁾ (Mittelwerte der Rohdaten; Fehlerbalken: Standardabweichung) in EG (Zeitungsaufgaben) und KG (traditionelle Aufgaben) ([10, S. 173])

Dieses Ergebnis konnte auch in allen Teilbereichen der Motivation (Intrinsische Motivation, Selbstkonzept, Realitätsbezug/Authentizität) und in dem Themenbereich *Geschwindigkeit* größenordnungsmäßig nachgewiesen werden.

Zur Beurteilung der Größe und Bedeutsamkeit eines empirisch analysierten Ergebnisses haben sich in der Lehr-Lern-

5) Motivationsgrad ist hier als prozentualer Anteil der erreichten Punktzahl an der insgesamt möglichen Gesamtpunktzahl des Tests angegeben.

Forschung Effektstärkemaße etabliert. Ein vielfältig verwendetes Effektstärkemaß ist das sog. Cohen's *d* [40], das anschaulich als Signal-Rausch-Verhältnis interpretiert werden kann, in Anlehnung an die entsprechende Größe in der Technik.⁶⁾

Bezüglich des Motivationsunterschieds insgesamt und in allen Teilbereichen zwischen EG und KG lässt sich zu jedem Messzeitpunkt nach dem Prätest eine Effektstärke $d > 1.0$ ermitteln. Damit konnte stets ein großer, praktisch bedeutsamer Motivationsunterschied⁷⁾ zwischen EG und KG diagnostiziert werden, der auf den Einsatz von Zeitungsaufgaben in der EG zurückzuführen ist. Dieser Unterschied hat auch dauerhaft Bestand, sodass Lernende, die mit Zeitungsaufgaben arbeiteten, auch noch zwei Monate nach Abschluss der Intervention eine deutlich größere Motivation aufweisen als vor Beginn der Intervention ($d > 1.04$).

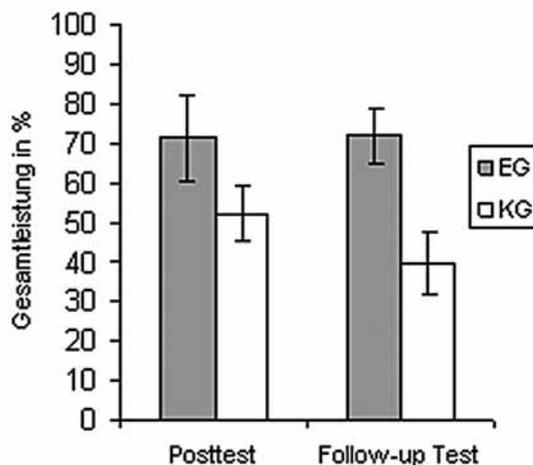


Abb. 6: Unterschied und Beständigkeit der Leistungsfähigkeit (Mittelwerte der Rohdaten; Fehlerbalken: Standardabweichung) in EG (Zeitungsaufgaben) und KG (traditionelle Aufgaben) [10]

Ein vergleichbarer Effekt konnte auch bei der Untersuchung der Leistungsfähigkeit der Lernenden analysiert werden (Abb. 6): Während die Leistungsfähigkeit der Schüler in den Experimental- und Kontrollgruppen (EG bzw. KG) vor der Untersuchung nahezu identisch war, ist die Leistungsfähigkeit der Lernenden durch die Bearbeitung von Zeitungsaufgaben deutlich größer als durch die Bearbeitung von traditionellen Aufgaben ($d > 0.9$) und hat auch nachhaltig Bestand ($d > 1.3$). Diese Überlegenheit der Lernenden, die mit Zeitungsaufgaben arbeiteten, zeigt sich insbesondere auch in der deutlich größeren Transferfähigkeit ($d > 0.85$).

$$6) \quad d = \frac{MW_{EG} - MW_{KG}}{SD_{pooled}} \quad \text{mit} \quad SD_{pooled} = \sqrt{\frac{(N_{EG}-1) \cdot SD_{EG}^2 + (N_{KG}-1) \cdot SD_{KG}^2}{N_{EG} + N_{KG} - 2}}$$

(*MW*: Mittelwert, *N*: Stichprobenumfang, *SD*: Standardabweichung)

7) Nach Cohen [41] werden die Effekte in kleine ($0.2 \leq d < 0.5$), mittlere ($0.5 \leq d < 0.8$) und große Effekte ($0.8 \leq d$) eingeteilt. Einschlägige Ergebnisse sind die sog. „Bloom-Benchmark“, die die Lernwirksamkeit von Einzelunterricht verglichen mit Klassenunterricht mit einem Effekt von $d \approx 2.0$ ausweist sowie der Unterschied zwischen Lernenden aus Deutschland und Singapur bzgl. naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen bei TIMSS 1999 mit einem Effekt von $d \approx 0.8$.

Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von den analysierten Defiziten und lernpsychologischen Rahmentheorien versuchte der Beitrag zu verdeutlichen, warum eine Orientierung des Physikunterrichts an Kontexten sinnvoll erscheint und wie speziell authentische Lernmedien in diesem Rahmen konstruiert werden können. Nach der Vorstellung möglicher Inhalte authentischer Lernmedien wurden Zeitungsaufgaben als solche Medien vorgestellt und deren Effektivität diskutiert: In quasiexperimentellen Interventionsanalysen mit großem Stichprobenumfang ($N > 900$), sorgfältigen Kontrollmaßnahmen und aufwändigen Auswerteverfahren (u.a. Mehrebenenanalysen) konnten große, positive und nachhaltig andauernde Effekte auf Motivation und Lernwirkung mit Zeitungsaufgaben als MAI-Ankermedium nachgewiesen werden [10]. Das heißt: 'Kleine Anker' funktionieren, sind effektiv und robust, da die Effekte entweder nicht oder nur schwach von anderen Variablen (wie z. B. allgemeine Intelligenz oder Lesekompetenz; [10]) beeinflusst werden.

Zeit *Comicaufgaben* als MAI-Anker. Unter *Comicaufgaben* werden Aufgaben verstanden, die sich auf einen vorliegenden Auszug eines Comicheftes beziehen. Der Comicteil ist dabei unverändert aus Comicheften entnommen und deshalb bezüglich der Leserschaft und deren Lesegewohnheiten im o. g. Sinne authentisch (Abb. 7), während der Inhalt der Comics fiktional ist [43, 44].

Methodisch schließen die Studien zu MAI essentielle Lücken im Theorierahmen der originären *Anchored Instruction* [21]. Detailuntersuchungen reichen von der Überprüfung der subjektiven Wahrnehmung der Schwierigkeit des Aufgabeninstruktionstextes sowie der Designprinzipien des Ankermediums durch die Lernenden (*Manipulation Checks*, s. o. [10]) bis hin zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen der Anzahl der Aufgaben und dem daraus resultierenden Effekt [40]. Somit erlauben die Untersuchungen zu MAI als eine der wenigen Arbeiten zum kontextorientierten Lernen wirklich evidenzbasierte Entscheidungen zur Unterrichtsgestaltung auf Grundlage von Ursache-Wirkungsstudien.

Literatur

- [1] BLK Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (Hrsg.): Gutachten zur Vorbereitung des Programms 'Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts' (Heft 60). Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) 1997. Verfügbar unter: <http://www.blk-bonn.de/papers/heft60.pdf> (Stand: 10/2010)
- [2] Thonhauser, J. (Hrsg.) (2008). Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- [3] Gruber, H., Mandl, H. & Renkl, A.: Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen? In: Mandl, H. & Gerstenmaier, J. (Hrsg.): Die Kluft zwischen Wissen und Handeln. Göttingen: Hogrefe 2000, 139-156.
- [4] Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. Psychologische Rundschau, 47, 78-92.
- [5] Renkl, A., Mandl, H. & Gruber, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and remedies. Educational Psychologist, 31 (2), 115-121.
- [6] Whitehead, A. N. (1929): The aims of education. New York: MacMillan.
- [7] Müller, R. (2006). Kontextorientierung und Alltagsbezug. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), Physikdidaktik 102-118. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- [8] Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2007). Kontextorientierter Unterricht: Wie man es einbettet, so wird es gelernt. Unterricht Physik, 18 (98), 4-8.
- [9] Kuhn, J. & Müller, A. (2005b). Ein modifizierter Anchored Instruction-Ansatz im Physikunterricht: Ergebnisse einer Pilotstudie. Empirische Pädagogik (EP) 19 (2005), Heft 3, 281-303
- [10] Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktionen- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg&Teubner.

Abb. 7: Comicaufgabe zu dem Superhelden 'Superman' [46]

Die Modifizierung des AI-Ansatzes erlaubt es nun, auch andere Medien als MAI-Anker theoriegeleitet einzusetzen und deren Effektivität zu untersuchen. So entwickelte Vogt *Werbeaufgaben* als MAI-Lernanker und konnte nachweisen, dass deren Einsatz im alltäglichen Unterricht ebenfalls große positive Effekte auf die Motivation der Lernenden mit sich bringt ($d = 0.4 - 1.0$, je nach Zahl der verwendeten Aufgaben [42]). In der Entwicklungsphase befinden sich zur

- [11] Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A. & Hunte-
mann, H. (2001). Chemie im Kontext – Begründung und
Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten.
Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule,
50 (1), 2-7.
- [12] Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R.,
Ralle, B. & the ChiK Project Group. (2006), „Chemie im
Kontext“: A symbiotic implementation of a context-based
teaching and learning approach. *International Journal of
Science Education*, 28 (9), 1041-1062.
- [13] Aikenhead, G. & Fleming, R. (1975). *Science: A Way of Know-
ing*. Saskatoon: University of Saskatchewan
- [14] IPN (Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften)
(1975). *IPN Curriculum Physik f.d. 9.+10. Schuljahr*. Kiel: IPN.
- [15] Burton, G. (1994). *Salter's Advanced Chemistry Project: Chem-
ical Ideas*. Oxford: Heinemann Education
- [16] Aikenhead, G. S. (1994). What is STS science teaching? In
Solomon, J. & G. Aikenhead (eds.), *STS Education: Intern.
Perspectives in Reform*. New York: Teacher's College Press.
- [17] Bybee, R. W. (1991). Science-Technology-Society in Science
Curriculum: The Policy-Practice-Gap. *Theory into Practice*,
30 (4), 294-302.
- [18] Fensham, P. J. (1985) Science for all. *Journal of Curriculum
Studies*, 17, 415–435.
- [19] Muckenfuß, H.: *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf
einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Cornel-
sen, Berlin 1995
- [20] Mandl, H., Gruber, H., Renkl, A.: *Situiertes Lernen in mul-
timedialen Lernumgebungen*. In: Issing, L. J. & Klimsa, P.
(Hrsg.): *Die Information und Lernen mit Multimedia*. Wein-
heim: Beltz Psychologie Verlags-Union 1995, 167-178.
- [21] Gruber, H., Mandl, H. & Renkl, A.: *Was lernen wir in Schule
und Hochschule: Träges Wissen?* In: Mandl, H. & Gersten-
maier, J. (Hrsg.): *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln*.
Göttingen: Hogrefe 2000, 139-156.
- [22] Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010b) Kontext-
orientierung im Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien
und Forschungsergebnisse zu Motivation und Lernen. *Prax-
is der Naturwissenschaften – Physik*, 5 (59), 5-19.
- [23] CTGV. *Anchored instruction and its relationship to situated
cognition*. *Educational Researcher* 19 (1990) Nr. 6, 2-10.
- [24] CTGV. *Technology and the design of generative learning en-
vironments*. *Educational Technology* 31 (1991), 34-40.
- [25] CTGV. *The Jasper Project. Lessons in Curriculum, Instruc-
tion, Assessment and Professional Development*. Mahwah,
NJ: Lawrence Erlbaum (1997).
- [26] Weniger, G. (2002). *Lexikon der Psychologie*. Heidelberg:
Spektrum Akademischer Verlag.
- [27] Romiszowski, A. J. (1988). *The Selection and Use of Instruc-
tional Media*. New Brunswick, NJ: Nichol.
- [28] Shyu, H. (1999): *Effects of Media Attributes in Anchored
Instruction*. *Journal of Educational Computing Research*,
21(2), 119-139.
- [29] Urhahne, D., Prenzel, M., von Davier, M., Senkbeil, M. &
Bleschke, M. (2000). *Computereinsatz im naturwissen-
schaftlichen Unterricht: Ein Überblick über die pädagogisch-
psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung*. *Zeit-
schrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 157-186.
- [30] Brahler, C. J., Peterson, N. S. & Johnson, E. C. (1999). *Devel-
oping online learning materials for higher education: An
overview of current issues [Themenheft]*. *Educational Tech-
nology & Society*, 2 (1999).
- [31] Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Inter-
essenstudie Physik*. Kiel: IPN.
- [32] Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). *An den
Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikun-
terricht. Ergebnisse eines BLK-Modellversuches*. Kiel: IPN.
- [33] Baumer, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele,
U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J., & Weiß, M.
(Hrsg.). (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schüle-
rinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen:
Leske + Budrich
- [34] Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische aktivierende
Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Natur-
wissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos
Verlag, 38.
- [35] Herget, W. & Scholz, D. (1998). *Die etwas andere Aufgabe
– aus der Zeitung. Mathematik-Aufgaben Sek. I*. Seelze: Kal-
lmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- [36] Armbrust, A. (2001). *Physikaufgaben und -informationen
aus der Zeitung. Mathematischer und Naturwissenschaft-
licher Unterricht (MNU)*, 54 (6), 405-409.
- [37] IPN (Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften)
(1975). *IPN Curriculum Physik für das 9. und 10. Schuljahr*.
Kiel: IPN.
- [38] Fischer, F. & Wecker, C. (2006). *Pasteurs Quadrant und die
Diskussion in den USA um die Verbesserung des prakti-
schen Nutzens der Bildungsforschung*. In A. Brüggemann
& R. Bromme (Hrsg.), *Entwicklung und Bewertung von an-
wendungsorientierter Grundlagenforschung in der Psycho-
logie – Rundgespräche und Kolloquien der DFG (S. 27-37)*.
Berlin: Akademie Verlag.
- [39] Hopf, M. (2009). *Physikdidaktik als nutzerorientierte Grund-
lagenforschung*. *PLUS LUCIS*, 1-2 (2009), 3-8.
- [40] KMK Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultus-
minister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland
(Hrsg.): *Bildungsstandards in Fach Physik für den Mittle-
ren Schulabschluss*. München: Wolters Kluwer Deutschland
GmbH 2004.
- [41] Bortz, J., Döring, N., *Forschungsmethoden und Evaluation
für Human- und Sozialwissenschaftler* Springer Verlag
(2002) 568
- [42] Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral
Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [43] Siegel, J. & Shuster, J. (1939). *The complete story of the dar-
ing exploits of the one and only Superman*. *Superman 1* (1).
- [44] Kakalios, J. (2006). *Physik der Superhelden*. Berlin: Rogner &
Bernhard Verlag.
- [45] Vogt, P. (2010): *Werbeaufgaben in Physik: Motivations- und
Lernwirksamkeit authentischer Texte, untersucht am Bei-
spiel von Werbeanzeigen*. Wiesbaden: Vieweg & Teubner
Verlag.
- [46] Kuhn, J., Bernshausen, H., Müller, A. & Müller, W. (2010a)
*Spiderman und andere Superhelden: ‚Comicaufgaben‘ als
Beispiele für Science Fiction im Physikunterricht*. *Praxis der
Naturwissenschaften – Physik*, 1 (59), 18-24.
- [47] Bernshausen, H. & Kuhn, J. (2010). *Comics von Superhelden:
Ein Thema für den Astronomie- und Physikunterricht*.
Astronomie und Raumfahrt (A+R) 47 (2010), Heft 1, 37-41.

Schallwellen forschend und entdeckend untersuchen

Die Visualisierung von Schallwellen mit Hilfe von Audacity

Stefanie Geisbusch

Einen ersten Kontakt mit „Schwingungen und Wellen“ haben Schülerinnen und Schüler bereits im Anfangsunterricht Physik, wenn sie sich mit dem Thema Akustik beschäftigen. Die Schallausbreitung lässt sich in diesem Zusammenhang mit den periodischen Eigenschaften von Wellen beschreiben [6, S. 147].

Dieser Beitrag soll zeigen, wie die kostenfreie Software „Audacity“ zum eigenständigen Erforschen akustischer Phänomene und insbesondere der periodischen Eigenschaften von (Schall-)Wellen eingesetzt werden kann. Neben der Beschreibung der fachlichen Inhalte werden auch mögliche Experimente und deren Einbettung in einen didaktischen Kontext erläutert.

Erfahrungen mit dieser Unterrichtseinheit zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler sehr begeistert bei der Sache sind. Positive Auswirkungen sind eine höhere Verarbeitungstiefe und eine bessere Behaltensleistung. Es ist gleichermaßen ein offener Ansatz wie auch ein etwas geschlossener Ansatz im Sinne einer „gelenkten Entdeckung“ möglich. Für den geschlossenen Ansatz gibt es Arbeitsblätter, die aus dem Internet heruntergeladen werden können (Link siehe Liste am Ende des Artikels). Beim offenen Ansatz werden zu Beginn einige Impulse gegeben, danach erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler das Thema selbständig.

Themen aus dem Gebiet der Akustik, wie z. B. die Aufzeichnung von Schall, dienen häufig als Einstieg in den Physikunterricht in der Sekundarstufe I, da auf einfache Art und Weise Bezüge zu den Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler hergestellt werden können. Schallwellen nehmen wir in Form von Sprache und Musik mit Hilfe unseres Gehörs wahr.

Musik ist in Zeiten von mp3 und iPod für Jugendliche ständig verfügbar, sie ermöglicht den Ausdruck eines Lebensgefühls bei gleichzeitig harmonisierender Wirkung. Die Akustik ist bestens geeignet, Querverbindungen zu anderen Fächern wie Musik und Biologie aufzuzeigen. Weiterhin können in diesem Zusammenhang technische und ökologische Aspekte (Lärm) thematisiert werden.

Stefanie Geisbusch, Gewerbliche Schule Künzelsau, Deutschland.
E-Mail: stefanie.geisbusch@gmx.net

Fließender Übergang vom entdeckenden Lernen zum forschenden Lernen

Der zugrunde liegende didaktische Ansatz erlaubt einen fließenden Übergang vom entdeckenden zum forschenden Lernen. Im schulischen Kontext wird „entdecken“ nicht einer physikalischen Forschung mit neuen Erkenntnissen gleichgesetzt, sondern mit der Entdeckung von subjektiv Neuem [8]. Damit sind für jeden Lernenden andere „Entdeckungen“ möglich, je nach Kenntnisstand und Vorerfahrungen. Erhalten Schülerinnen und Schüler Hinweise, Ratschläge oder Anweisungen für den Entdeckungsprozess, so handelt es sich um „gelenkte Entdeckung“ [8, S.160]. Mit zunehmendem Kenntnisstand der Lernenden lassen sich die Hilfen reduzieren, damit ein fließender Übergang vom entdeckenden zum forschenden Lernen erfolgen kann. *„In der Schule steht forschendes Lernen im klaren Gegensatz zu den dominierenden rezeptiven Lernformen, bei denen dargebotene Inhalte aufgenommen, gespeichert und bei Anforderung wiedergegeben werden sollen.“* [1] Unter forschendem Lernen versteht man einen aktiven und produktiven Lernprozess, bei dem die Lernenden selbstbestimmt eigenen Fragestellungen nachgehen können. Nach Bönsch [2] kann forschendes Lernen im Rahmen eines schülerorientierten und offenen Unterrichts realisiert werden. Zentrale Elemente eines solchen Unterrichts sind das eigenständige Formulieren von Fragen, das Vermuten und Bilden von Hypothesen, das Problemlösen und die Darstellung von Ergebnissen. Dabei steht aber nicht das Ergebnis im Vordergrund, sondern die eigene Suche, das Recherchieren und Forschen, die Durchführung von selbstgeplanten Experimenten und die mögliche Variation der Experimente [2]. Nach Radits [11] werden im Gegensatz zum entdeckenden Lernen beim forschenden Lernen eigene Forschungsfragen und Hypothesen formuliert. Damit ergeben sich deutliche Parallelen zur wissenschaftlichen Forschung.

Zum Einstieg in die gelenkte Entdeckung sind Arbeitsblätter gut geeignet. Meist entwickeln die Lernenden im Laufe des Experimentierens eigene Fragestellungen, sodass dann eine Loslösung von den Aufgaben in den Arbeitsblättern sinnvoll ist. Damit ist der Übergang vom gelenkten Entdecken zum forschenden Lernen jederzeit möglich. Der offene Ansatz erlaubt es Schülerinnen und Schülern, eigenen Fragestellungen nachzugehen. Ist erst einmal das Interesse der Jugendlichen geweckt, ergeben sich fast automatisch

neue Fragestellungen, die untersucht werden wollen. Dies gilt besonders dann, wenn ein Bezug zum Thema besteht. Ein individueller Bezug ergibt sich aus den persönlichen Erfahrungen, die jeder Lernende im Alltag mit Sprache, Musik, Lärm und den vielgestaltigen Geräuschen der Umwelt macht.

Bildungsstandards

Die Schülerinnen und Schüler erwerben Kompetenzen aus allen drei Anforderungsbereichen des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“, die in den Bildungsstandards der KMK [9] ausführlich erläutert sind. Die Lernenden beschreiben und nutzen Fachmethoden und wenden diese problembezogen an. Die Fachmethoden, die beim offenen Experimentieren mit Audacity zum Einsatz kommen können, umfassen die Beschreibung eines Experiments, die selbständige Planung und Durchführung von Experimenten, die sachgerechte Nutzung von Software (hier Audacity) und die Auswertung von Ergebnissen. Das Entwickeln eigener Fragestellungen gehört zu den Fachmethoden des Anforderungsbereichs III ebenso wie das Entwickeln alternativer Lösungswege. Weiterhin erwerben sie selbständig Fachwissen und können es dokumentieren.

Die Schülerinnen und Schüler werden am Ende wissen, was unter den Begriffen Frequenz und Amplitude zu verstehen ist, und können Schall anhand des zugehörigen Schwingungsbildes charakterisieren. Die Untersuchung physikalischer Sachverhalte mit technischen Mitteln, hier dem Computer, weist deutliche Bezüge zur wissenschaftlichen Praxis auf. Durch die Visualisierung von Amplitude und Frequenz wird ein tieferes Verständnis dieser Begriffe erzeugt.

Laut KMK [9] umfasst der Kompetenzbereich Kommunikation im Anforderungsbereich I die Fähigkeit, einfache Sachverhalte in Wort und Schrift oder einer anderen vorgegebenen Form unter Anleitung darzustellen sowie sachbezogene Fragen stellen zu können. Der Anforderungsbereich II dagegen beinhaltet die Fähigkeit, Sachverhalte fachsprachlich und strukturiert darzustellen, auf Beiträge anderer sachgerecht einzugehen und Aussagen sachlich zu begründen. Darstellungsformen selbständig auszuwählen und zu nutzen sind Fähigkeiten des Anforderungsbereichs III. Durch die Arbeit in Zweiergruppen ergibt sich die Möglichkeit, die Fähigkeiten aller drei Anforderungsbereiche zu üben und zu vertiefen.

Aufnahme von Schall

Schallwellen können mit den unterschiedlichsten Verfahren visualisiert werden. Beispielsweise wird die Schreibspitze einer tönenden Schreibstimmgabel in konstanter Geschwindigkeit über eine berußte Glasplatte oder ein Kohlepapier hinweggezogen. Die Schwingungen sind danach als regelmäßig geformte Wellenlinie sichtbar. Man könnte auch ein Mikrofon an ein Oszilloskop anschließen.

Das Mikrofon als elektroakustischer Wandler wandelt Schallwellen in elektrische Signale um. Lautsprecher oder Kopfhörer wirken nach dem umgekehrten Prinzip und wandeln elektrische Signale in Schallwellen um.

Ein Lautsprecher wird daher ebenfalls den elektroakustischen Wandlern zugeordnet. Bei einem Mikrofon lösen die auftreffenden Schallwellen eine mechanische Bewegung einer Membran aus. Je geringer die Masse der Membran ist, desto leichter kann sie in Schwingungen versetzt werden. Die mechanische Schwingung der Membran wird in ein elektrisches Signal umgewandelt, wobei unterschiedliche physikalische Prinzipien zur Verfügung stehen.



Abb. 1: Kohlemikrofon AEG M8 aus dem Jahr 1929 von AEG mit Federaufhängung zum Schutz vor Trittschallübertragung (Foto: Th. Krause, HS Heilbronn)

Das älteste und zugleich erste brauchbare Mikrofon ist das Kohlemikrofon (Abb. 1). Zwischen einer elektrisch leitenden Membran und einer Kontaktfläche befindet sich eine mit Kohlegrieß gefüllte Kammer. Ein Kohlemikrofon muss, damit es überhaupt funktioniert, in einen Stromkreis eingebunden werden, der aus einer Gleichspannungsquelle und einem Widerstand besteht (Abb. 2). Ein aus der Quelle getriebener Ruhestrom fließt über die Anschlussleitung zur Membran, von dort durch den Kohlegrieß zur Kontaktfläche und dann zur Quelle zurück [6]. Trifft nun eine Luftdruckschwankung auf die Membran, so gibt diese den Druck auf den Kohlegrieß weiter. Dadurch wird der Übergangswiderstand zwischen den einzelnen Kohlekörnchen verändert. Bei einem geringeren Übergangswiderstand wird der durch den Kohlegrieß fließende Strom größer, bei einem größeren Übergangswiderstand wird der Strom kleiner. An dem im Stromkreis befindlichen Widerstand R_a (Abb. 2) kann dann die Wechselspannung abgegriffen werden, die den Luftdruckänderungen entspricht.

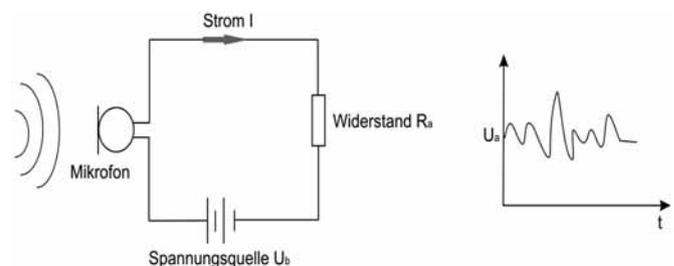


Abb. 2: Schaltung mit Kohlemikrofon und Spannungssignal am Widerstand R_a

Ein anderes Prinzip zur Umwandlung einer Luftdruckänderung in elektrische Signale ist beim dynamischen Mikrofon (oder Tauchspulenmikrofon) zu finden [6]. Bei solch einem Mikrofon ist an der sehr dünnen Membran eine kleine

Drahtspule befestigt. Diese Drahtspule befindet sich ihrerseits in einem von einem Magneten erzeugten Magnetfeld. Wenn auftretende Schallwellen die Membran in Bewegung versetzen, bewegt sich auch die mit der Membran fest verbundene Spule im Magnetfeld. Die mechanische Bewegung eines elektrischen Leiters (Drahtspule) in einem Magnetfeld bewirkt, dass in diesem Leiter eine tonfrequente Wechselspannung induziert wird (Induktionsgesetz, Faraday ca. 1831). Diese Spannung entspricht der Bewegungsänderung der Membran und damit der Schallschwingung. Das auf diese Weise gewonnene elektrische Signal ist jedoch sehr klein und muss vor einer Weiterverarbeitung entsprechend verstärkt werden.

Das umgekehrte Prinzip findet bei einem Lautsprecher Anwendung (Abb. 3). Fließt ein Wechselstrom durch die an der Membran befestigte Spule, so erfährt diese im Magnetfeld des Magneten Lorentzkräfte, die sie in Bewegung versetzen. Somit schwingt die Spule zusammen mit der Membran im Rhythmus des Wechselstroms und erzeugt dadurch einen entsprechenden Schall [6].

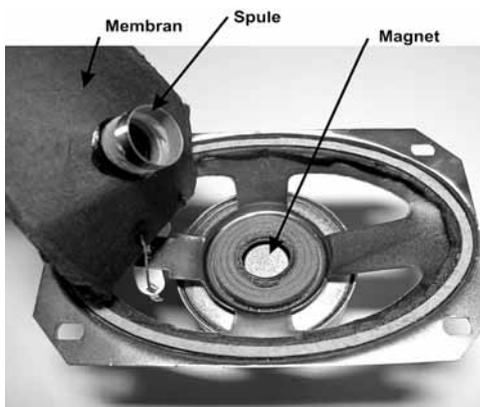


Abb. 3: Innenansicht eines Lautsprechers (Foto: S. Geisbusch)

Eine aus Mikrophon und Oszilloskop bestehende und häufig eingesetzte Versuchsanordnung hat den Nachteil, dass die Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Physikunterrichts in der Sekundarstufe noch keine Vorstellung von der Funktionsweise eines Oszilloskops haben. Das Thema Oszilloskop wird, wenn überhaupt, erst in einer höheren Klasse angesprochen (Abb. 4).

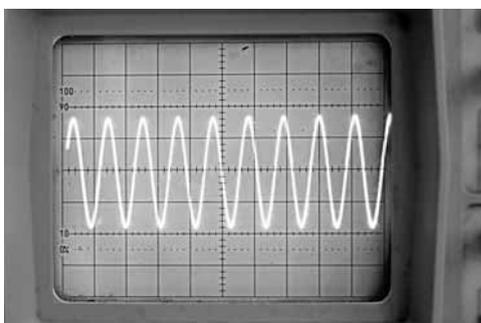


Abb. 4: Sinusschwingung auf dem Oszilloskopschirm (Foto: S. Geisbusch)

Die Soundkarte eines Computers ist dagegen vielen SchülerInnen schon ein Begriff, denn sie verarbeiten Musik am Computer oder laden sie in den mp3-Player. Sie haben sich

an deren Verwendung gewöhnt. Wenngleich im Anfangsunterricht Physik die Soundkarte als Blackbox betrachtet werden muss, so bieten sich durch ihre standardmäßige Verbreitung in jedem Computer vielfältige Experimentiermöglichkeiten.

Die Soundkarte ist eine PC-Steckkarte, mit der Klänge wiedergegeben und aufgezeichnet werden können. Die Hauptkomponente der Karte ist ein spezieller Chipsatz, der einen A/D-D/A-Wandler (Analog-Digital, Digital-Analog-Wandler) enthält. Dieser erzeugt aus den Signalen des am PC angeschlossenen Mikrofons computerlesbare Daten. Das analoge Eingangssignal wird in ein digitales Signal umgewandelt. Im umgekehrten Fall werden aus vorliegenden digitalen Daten analoge Signale erzeugt. Diese bringen die Membran eines angeschlossenen Lautsprechers zum Schwingen und ermöglichen dadurch die Wiedergabe von Tönen und Geräuschen. Für die Wiedergabe von Klängen ist außerdem ein Synthesizer-Chip notwendig, der nach dem sog. Wavetable-Verfahren arbeitet. Es handelt sich dabei um ein Verfahren zur Verbesserung der Sound-Wiedergabe am Computer. In der Wavetable sind Samples von häufig vorkommenden Instrumenten oder anderen Klängen gespeichert, die auf Abruf abgespielt werden [4].

Einsatz von Audacity im Unterricht

Akustische Phänomene lassen sich nicht nur anhand von Musikinstrumenten und anderen Schallerzeugern untersuchen, sondern auch mit Hilfe eines mit einer Soundkarte ausgestatteten Computers. Dazu wird das im Internet frei verfügbare und kostenlose Audio-Bearbeitungsprogramm „Audacity“ eingesetzt. Es ist recht einfach zu installieren und lässt sich ganz intuitiv bedienen. Es gibt im Internet deutschsprachige Installations- und Bedienungsanleitungen, die leicht verständlich sind. Die zugehörigen Links sind im Anhang zu finden. In einem Beitrag von Rincke [12] sind weitere Programme zur Beschäftigung mit Klängen aufgelistet. Die dort beschriebenen Programme sind geeignet, andere Schwerpunkte im Unterricht zu setzen und können ergänzend zu dieser Unterrichtseinheit eingesetzt werden. Weiterhin hat Rincke darüber berichtet, wie sich akustische Phänomene durch einen Wechsel der Darstellungsformen erkunden lassen [13]. Dabei wird das Programm „Sonogram“ eingesetzt. Auf Sonogram soll im Weiteren jedoch nicht eingegangen werden, denn der vorliegende Beitrag zielt mehr darauf ab, dass Schülerinnen und Schüler sich eigenständig mit den Grundgrößen beschäftigen, mit denen sich die Eigenschaften von Schall(-wellen) beschreiben lassen. Leitlinie ist daher die Frage, wie Schülerinnen und Schüler sich auf motivierende Weise selbstentdeckend mit akustischen Phänomenen auseinandersetzen und ganz nebenbei die Fähigkeit erwerben, technische Hilfsmittel wie den Computer zu nutzen.

Da das Programm Audacity frei verfügbar ist, können interessierte Schülerinnen und Schüler damit auch mit dem eigenen PC zu Hause experimentieren. Außerdem ist es durchaus möglich, dass die Schülerinnen und Schüler sich

im Rahmen von Hausaufgaben unterrichtsbegleitend mit Audacity auseinandersetzen. Das setzt jedoch bereits ein hohes Maß an Medienkompetenz und die Fähigkeit zum selbst regulierten Lernen voraus.

Voraussetzungen

Zur Nutzung des Programms im Physikunterricht müssen die Schüler Zugang zu einem Computer haben, auf dem das Programm installiert ist. Um den Lärmpegel im Computerraum/Physiksaal unter Kontrolle zu halten, sollte eine ausreichende Anzahl an Headsets zur Verfügung stehen.

Im einfachsten Fall kann jede Schülerin und jeder Schüler alleine an einem Computer arbeiten, ansonsten ist das Experimentieren auch gut in Partnerarbeit möglich. Dazu werden pro Computer zwei Headsets und zwei sogenannte Y-Kabel (im einschlägigen Elektronikfachhandel zu erhalten) benötigt. Eines der beiden Y-Kabel wird in den Mikrofoneingang des PCs gesteckt, das andere Y-Kabel in die Buchse des Kopfhöreranschlusses. An die anderen Enden der beiden Y-Kabel werden die Anschlussstecker der Headsets eingesteckt. Dadurch können zwei Personen die Tonspuren abhören und Sprache, Klänge oder Geräusche aufnehmen.

Methodische Umsetzung

Der Vorteil des Arbeitens in Partnerarbeit besteht darin, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit ihrem Partner oder ihrer Partnerin fachlich austauschen können. Sie müssen sich über die jeweilige Vorgehensweise abstimmen und erwerben ganz nebenbei wichtige Kompetenzen im Bereich der Kommunikation.

Arbeitet jede Schülerin bzw. jeder Schüler alleine am Computer, können sie die akustischen Phänomene in ihrem eigenen Arbeitstempo untersuchen. Dadurch ist ein hohes Maß an Individualisierung möglich, was in der Regel mit einer höheren Motivation einhergeht. Andererseits fehlen die Lernanlässe, die den Anforderungen des Kompetenzbereichs Kommunikation genügen. Dies lässt sich kompensieren, indem regelmäßig ein Gruppengespräch stattfindet, in dem die Lernenden über ihre „Entdeckungen“ berichten und ggf. diese direkt mit Hilfe von Audacity darstellen.

Vorbereitungen zur Unterrichtseinheit

Zu Beginn dieser Unterrichtseinheit müssen sich die Schülerinnen und Schüler erst einmal in die Bedienung des Programms einarbeiten (Arbeitsblatt 1, siehe Linkliste). Diese „gelenkte Entdeckung“ kann sehr gut anhand der deutschsprachigen Bedienungsanleitung erfolgen (erhältlich per Download, Link siehe Anhang). Die Lernenden erarbeiten sich die Handhabung des Programms eigenständig. Parallel dazu kann sich die Lehrkraft um diejenigen Schülerinnen und Schüler kümmern, die Schwierigkeiten beim Durcharbeiten der Bedienungsanleitung oder bei der Bedienung

des Programms haben. Hier werden individuelle Kompetenzunterschiede deutlich, je nachdem, welche Vorerfahrungen in der Arbeit mit PC und Windowsprogrammen bereits vorhanden sind. Die Lernenden erwerben durch die Arbeit am PC weitere Medienkompetenz und lernen, wie man sich technische Sachverhalte eigenständig aneignet. Sobald sich die Lernenden mit der Handhabung des Menüs und den wesentlichen Funktionen vertraut gemacht haben, ist die Grundlage für die entdeckende Untersuchung akustischer Phänomene geschaffen. Die Begriffe Frequenz, Amplitude und Periodendauer sollten in vorherigen Unterrichtsstunden bereits erarbeitet worden sein, damit die fachliche Voraussetzung für die Arbeit mit Audacity gegeben ist.

Unterrichtseinheit

Auf vergleichsweise einfache Weise lässt sich das Schwingungsbild eines reinen Sinustons untersuchen. Mit Audacity selbst lassen sich Töne generieren, wobei die Tonfrequenz vom Bediener vorgegeben werden kann. Selbstverständlich lassen sich nur solche Töne generieren, deren Frequenz im hörbaren Bereich liegt, denn die Soundkarte ist nur auf diesen Bereich spezifiziert. Dazu erhalten die Lernenden den Auftrag, einen Sinuston mit einer bestimmten Frequenz zu erzeugen. Dies ist in Audacity leicht mit dem Menüpunkt „Generieren“ möglich. Dabei kann nicht nur die Frequenz des zu erzeugenden Tones festgelegt werden, sondern auch dessen Amplitude und Dauer. Audacity erzeugt mit diesen Daten eine neue Tonspur, die zum Anhören abgespielt werden kann.

Anschließend werden Töne mit anderen Frequenzen erzeugt. Weil die Töne gleich angehört werden können, entwickeln die Lernenden schnell ein Verständnis für den Begriff „Frequenz“. Mit Hilfe des optischen Zooms lassen sich die Signale in einer Tonspur vergrößern, so dass eine detaillierte Untersuchung eines Signals möglich wird. Wenn zwei Tonspuren mit Tönen unterschiedlicher Frequenz gegeben sind, kann man bei näherer Analyse (bei Anwendung des optischen Zooms) entdecken, dass eine niedrige Frequenz eine geringere Anzahl an Schwingungen pro Zeiteinheit aufweist, als eine höhere Frequenz. Weiterhin lässt sich ein Zusammenhang zwischen den Begriffen Frequenz und Periode herstellen.

Analog wird bei der Erarbeitung des Begriffs „Amplitude“ verfahren. Durch direkte Vergleichsmöglichkeiten, sowohl optisch als auch akustisch, erfahren die Schülerinnen und Schüler ganz konkret, dass ein Ton mit kleiner Amplitude leiser klingt als ein Ton derselben Frequenz aber mit größerer Amplitude.

Wird das Schwingungsbild eines Tons, der von einer Stimmgabel erzeugt wurde, mit einem Sinuston verglichen, der mit Hilfe des Menüs „Generieren“ erzeugt wurde, so lässt sich erkennen, dass die Amplitude beim ersten Ton abnimmt, weil die Schwingungen der Stimmgabel sich mit der Zeit abschwächen (gedämpfte Schwingung), während die Amplitude beim von Audacity erzeugten zweiten Ton konstant bleibt.

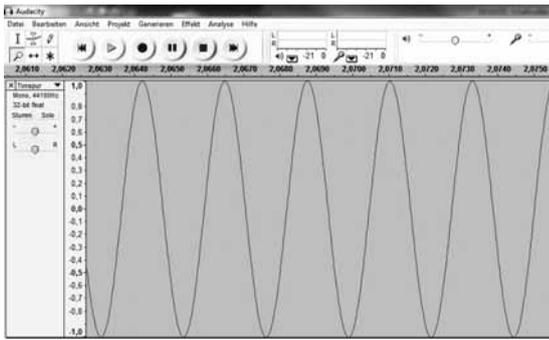


Abb. 5: Sinuston mit Audacity dargestellt

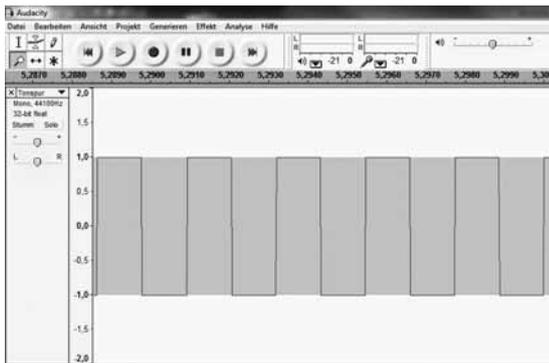


Abb. 6: Rechteckförmiges Tonsignal

Interessant ist, dass das Gehör deutlich zwischen zwei Tönen unterschiedlicher Wellenform, aber gleicher Frequenz und Amplitude zu unterscheiden vermag. Der reine Sinuston hört sich „sauber“ an, der Ton mit rechteckiger Schwingungsform klingt dagegen „kratzig“ und leicht schräg. Mit Audacity lässt sich dieser Unterschied auch akustisch verdeutlichen. Über das Menü „Generieren“ werden dazu der Tongenerator ausgewählt und Wellenform, Frequenz, Amplitude und Dauer des Tons festgelegt. Audacity erzeugt daraufhin eine Tonspur, die abgespielt werden kann. Über das Audiomenu lässt sich die Wiedergabe steuern.

Charakteristische Schallereignisse und ihre Schwingungsbilder

Anhand des zugehörigen Schwingungsbildes lassen sich Töne, Geräusche, Klänge und ein Knall deutlich voneinander unterscheiden. Ein Ton hat ein sinusförmiges Schwingungsbild. Einen sauberen klaren Ton erhält man durch Anschlagen einer Stimmgabel. Klänge werden mit Hilfe von Musikinstrumenten erzeugt. Das Schwingungsbild eines Klangs ist periodisch, aber nicht sinusförmig. Bei einem Geräusch ist die Schwingung unregelmäßig. Geräusche können wir dauernd wahrnehmen, das Rauschen der Blätter, das Brummen eines Fahrzeugs, etc. Ein Knall zeichnet sich dadurch aus, dass die Amplitude der Schwingung zunächst stark ansteigt, dann jedoch schnell abklingt. Ein Knall entsteht beim Zuschlagen einer Tür oder beim Klatschen in die Hand [5]. Mit Audacity lassen sich die Schwingungsbilder gut miteinander vergleichen. Dabei ist sowohl der optische als auch der akustische Vergleich möglich, der auf optimale Weise die kognitiven Verarbeitungsprozesse bei den

Lernenden unterstützt, da unterschiedliche Sinne angesprochen werden (Sehsinn, Hörsinn).

Natürlich sind die charakteristischen Schallereignisse in jedem Physikbuch der Sekundarstufe I zu finden. Es stellt aber einen Unterschied dar, ob ein physikalischer Sachverhalt nur lesend und betrachtend mittels Text und Grafik erfasst wird, oder ob sich ein Lernender damit selbst handelnd auseinandersetzt. Heuer [7] stellte bereits 1991 fest, dass es im Physikunterricht „offenbar an einer geeigneten mentalen Repräsentation des Gelernten fehlt. Diese kann, das zeigen ergänzende Beobachtungen, nur durch eine aktive und intensive Auseinandersetzung des Lernenden mit realen Vorgängen und ihren Deutungen aufgebaut werden“ (S. 230).

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler viel Spaß dabei haben, sich am Computer selbständig mit dem Thema Akustik auseinander zu setzen, Geräusche zu produzieren, und ggf. weiter zu verarbeiten und ganz nebenbei die technischen Möglichkeiten des Computers und der Software auszuprobieren. Die hierbei gesammelten Erfahrungen lassen sich gewinnbringend in ein Schulprojekt einbringen, in dem die Jugendlichen zum Beispiel einen Podcast produzieren oder einen selbst gedrehten Trickfilm vertonen [10].

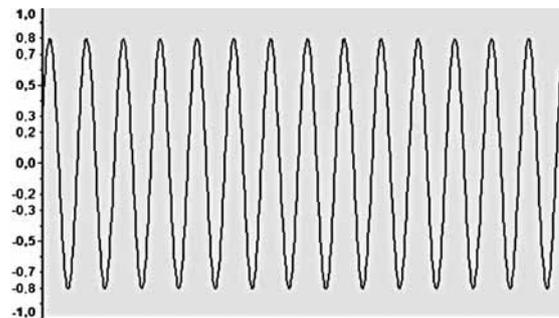


Abb. 7: Sinuston



Abb. 8: Klang



Abb. 9: Geräusch

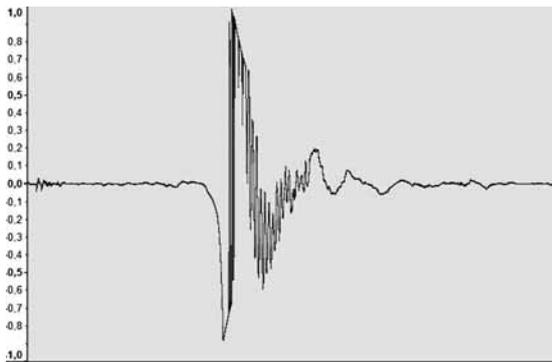


Abb. 10: Knall

Weitere Experimente mit Audacity

- Hörtest: welche Frequenz kann man mit dem Ohr noch wahrnehmen?
- Hardwaretest: welche Frequenz kann die Soundkarte noch wiedergeben?
- Austesten unterschiedlicher Wellenformen (Sinus, Rechteck, Sägezahn): wie hören sie sich an?
- Wie unterscheidet sich das Schwingungsbild eines Knalls von dem eines Geräuschs?
- Welches Schwingungsbild hat ein gesprochener Text?
- Wie unterscheiden sich die Schwingungsbilder, wenn zwei verschiedene Menschen denselben Text sprechen? (Aufnahme in zwei eigenen Tonspuren, damit die Schwingungsbilder miteinander verglichen werden können.)
- Es soll ein Wort erraten werden, welches rückwärts abgespielt wird. Es wird ein Wort rückwärts gesprochen und aufgezeichnet. Wenn es jetzt rückwärts wieder gegeben wird, soll es verständlich sein.
- Experimente und Übungen zur Schnitttechnik: Man zeichne eine negierende Aussage auf, z. B. „Ich gehe heute NICHT in die Schule“. Durch das Ausschneiden des Wortes „NICHT“ wird die Aussage des Satz verändert. Die Lernenden können sich eigene Beispiele für weitere „Sinn“-Manipulationen ausdenken.

Allein schon an den gerade genannten Beispielen wird deutlich, dass sich hier ungeahnte Potenziale eröffnen. Die Schülerinnen und Schüler können eigene Forschungsfragen entwickeln und sich überlegen, auf welche Weise sie diese untersuchen möchten. Auch das Ausprobieren einiger spezieller Programmfunktionen wie „Echo“, „Invertieren“, „Rückwärts“ etc. ist möglich.

Querbezüge zur Linguistik und Forensik können ebenso aufgezeigt werden, wie die audioteknische Bearbeitung von Sprache. Um einen Einstieg in das Thema Stimmanalyse in der Forensik zu finden, kann ein interessanter Artikel aus dem Internet verwendet werden. In diesem Artikel wird über die computertechnische Stimmanalyse berichtet. Diese wird in der Kriminalistik eingesetzt, um z.B. einen Erpresser anhand seiner Stimme zu identifizieren. Der Link dazu ist im Anhang zu finden.

Sind die Lernenden daran interessiert zu erfahren, wie ein Toningenieur arbeitet, lässt sich dies mit Audacity nachvollziehen. Tonspuren können geschnitten, verschoben, kopiert und gelöscht werden, einzelne Fragmente verdoppelt oder auch in andere Tonspuren eingefügt werden. Eine Exkursion zu einem Radiosender oder in ein Tonstudio kann das Thema abrunden. In diesem Kontext erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass physikalisches Wissen eine hohe Relevanz auch für Berufe im Medienbereich hat.

Chancen des offenen Ansatzes

Der sehr offene Ansatz dieser Unterrichtseinheit erfordert von den Schülerinnen und Schülern ein hohes Maß an Selbststeuerungsfähigkeit. Ist dieses noch nicht vorhanden, so bietet sich, wie bereits oben erwähnt, die gelenkte Entdeckung mit Hilfe von Arbeitsblättern an. Wenn während des Lernprozesses eigene Fragestellungen auftauchen, sollten die Lernenden diesen auch nachgehen dürfen. Je selbstbestimmter und autonomer sie arbeiten können, desto mehr Motivation und Interesse entwickeln die Schülerinnen und Schüler [3]. Zu Beginn der Unterrichtseinheit muss trotz des offenen Ansatzes klar kommuniziert werden, welche Inhalte sich die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sollen.



Abb. 11: Schülerinnen experimentieren mit Audacity (Foto: S. Geisbusch)

Sie sollen sich die Begriffe Frequenz, Periode, Amplitude erarbeiten und verstehen, welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten dahinter stecken. Des Weiteren können sie die Schwingungsbilder von Tönen, Geräuschen, Klängen und einem Knall unterscheiden. Erreicht ein Schüler diesen Wissensstand schnell, kann er die noch zur Verfügung stehende Zeit für weitere, ihn persönlich interessierende Experimente mit Audacity nutzen.

Diese Unterrichtseinheit wurde sowohl im NWA-Unterricht einer 6. Klassenstufe an einer Realschule als auch in einer 8. Klassenstufe im Gymnasium durchgeführt. Erwartungsgemäß ergaben sich sehr schnell individuelle Unterschiede im Arbeitstempo. Diese konnten dadurch ausgeglichen werden, dass die schnelleren Schülerinnen und Schüler zusätzlich eigene Forschungsfragen (z.B. „Lässt sich mit Audacity der Klang einer Gitarre von dem einer Flöte unterscheiden?“, etc.) untersuchen konnten. Wenn z.B. mobile Aufnahme-

geräte verfügbar sind, können die Schülerinnen und Schüler den Auftrag erhalten, Interviews zu einem bestimmten Thema zu führen. Die aufgenommenen Dateien werden anschließend mit Audacity bearbeitet. Die geschnittene und überarbeitete Audiodatei kann ins mp3-Format konvertiert werden, so dass sie als Podcast auf die Schulhomepage gestellt werden kann. Ganz nebenbei können Themen wie Datenschutz, Persönlichkeitsrechte, Interviewführung etc. thematisiert werden.

Durch das hohe Maß an Autonomie, das in diesem Unterrichtsansatz steckt, lassen sich Schülerinnen wie Schüler gerne für das Thema begeistern und haben nebenbei viel Spaß am eigenständigen Lernen. Das Vorwissen der Lernenden kann gut einbezogen werden, ebenso kann die Relevanz physikalischen Fachwissens für den Alltag aufgezeigt werden.

Literatur

- [1] Aepkers, M. (2002): Forschendes Lernen – Einem Begriff auf der Spur. In Bönsch, M.; Kaiser, A. (Hrsg.). Basiswissen Pädagogik. Unterrichtskonzepte und –techniken. Band 4, Entdeckendes Forschendes Genetisches Lernen. Baltmannsweiler, Scheider-Verlag Hohengehren.
- [2] Bönsch, M. (2000): Variable Lernwege: ein Lehrbuch der Unterrichtsmethoden. Paderborn, Schöningh.
- [3] Deci, E. L. / Ryan, R. M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39 (2), S.223-238
- [4] Der Brockhaus Computer und Informationstechnologie. Fachlexikon für Hardware, Software, Multimedia, Internet, Telekommunikation (2003). Leipzig, Mannheim, Brockhaus.
- [5] Duden Basiswissen Schule Physik. 5.-10. Klasse (2010). Mannheim, Bibliografisches Institut und Berlin, Duden Paetec.
- [6] Götz, R.; Dahncke, H.; Langensiepen, F. (2000). Handbuch des Physikunterrichts Sekundarbereich I. Band 2: Mechanik II. Köln, Aulis.
- [7] Heuer, D.: Induktiv-modellierendes Vorgehen mit dem Rechner als Werkzeug. In: Schneider, W.B. (Hrsg.). Wege in der Physikdidaktik. Band 2. Erlangen. Verlag Palm & Enke.
- [8] Kircher, E. (2007). Methoden im Physikunterricht. In Kircher, E.; Girwidz, R.; Häußler, P. (Hrsg.). Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin Heidelberg; Springer, 160 – 162.
- [9] Kultusministerkonferenz (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss. Online unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf.
- [10] Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen (2007): Die Trickbox. Ein Leitfaden für die Praxis.
- [11] Radits, F. (2001): Umweltbildung rund um den Bauernhof: Integration von Fachausbildung, Pädagogik, Schulpraxis und Forschendem Lernen. In Posch, P., Rauch, F. & Kreis, I. (Hrsg.). Bildung für Nachhaltigkeit – Studien zur Vernetzung von Lehrerbildung, Schule und Umwelt. Innsbruck, Studienverlag.
- [12] Rincke, K.: Unsere Ohren lassen von sich hören. Psychoakustische Versuche mit dem Computer. In: NiU Physik (2009), Nr. 114, S. 28-31.
- [13] Rincke, K.: Programme zur Beschäftigung mit Klängen. In: NiU Physik (2009), Nr. 114, S. 37.

Links

Download der Arbeitsblätter zu diesem Beitrag:

http://mintec-hohenlohe.de/Infos_fuer_Lehrer.htm

Eine deutschsprachige Bedienungsanleitung für Audacity ist erhältlich unter

<http://www.audacity-forum.de/download/Audacity-Handbuch-deutsch-23-Jan-2005.pdf>

Allgemeine Informationen zu Audacity unter lehrer-online:

<http://www.lehrer-online.de/audacity.php>

Download der Software Audacity Serie 1.2 Windows Version 1.2.6 unter <http://www.audacity.de>

Informationen zu Audacity

auf den Internetseiten der Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen

<http://lehrerfortbildung-bw.de/werkstatt/sound/audacity/>

Artikel auf WELT online zum Thema „Stimmanalyse in der Forensik“

http://www.welt.de/print-welt/article631935/Stimmanalyse_verraet_Herkunft_des_Taeters.html

Jugend-forscht-Arbeit zur Visualisierung von Tönen

<http://www.asd-l.lauer1.com/html/indexmain.htm>

Eine interaktive Seite zur Fouriersynthese

<http://www.schulphysik.de/ntnujava/sound/sound.html>

Österreichische Seite mit Informationen für Lehrer zum Thema Akustik/Schall

<http://www.asn-linz.ac.at/eduhi/eduhi/full.php?url=../eduhi/kategorien.php?kthid=938>

Interaktives Akustiklabor des SWR

<http://www.planet-schule.de/warum/glaszersingen/themenseiten/t2/s1.html>

Schönes Experimentieren – Unterstufe

Werner Rentzsch und Christian Mašin

Seit dem Wintersemester 2000/01 beschäftigen wir uns damit, eine umfassende Sammlung an Experimenten aus der Schulchemie (auch der Schulphysik) der Sekundarstufe zusammenzustellen. Im Rahmen der fortlaufenden Fortbildungsveranstaltung der PH Wien „Chemie – von allen für alle“ und der stets gut besuchten Experimentalvorträge während der Fortbildungswoche des VFPC können wir diese aufbereiteten Versuche den interessierten Kolleginnen und Kollegen präsentieren.

In den letzten fünf Jahren haben wir uns damit befasst, den Chemielehrplan experimentell aufzubereiten. Das Programm ESCU („Experimentelle Schulchemie Unterstufe“) hat mit dem Wintersemester 2010/11 bereits 42 Kapitel und wird ab dem Sommersemester 2010/11 neu überarbeitet wiederholt.



Aus dem physikalischen Experimenteschatz:

Zwei Finger unter Wasser

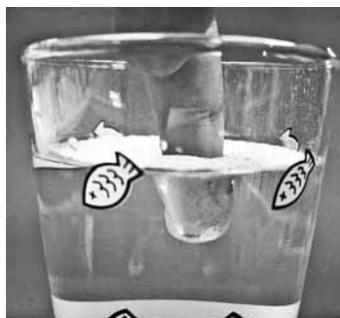
Material: 2 Gläser, Bärlappsporen

1



Fülle kaltes Wasser in ein Trinkglas und tauchen den Finger ein.

2



Fülle in ein zweites Glas kaltes Wasser und streue etwas Bärlapppulver auf die Wasseroberfläche. Tauche wieder einen (trockenen) Finger vorsichtig in das Wasser. Zieh den Finger heraus und blase das Pulver weg.

3



Statt jeweils einen Finger in die Gläser zu tauchen kannst du auch gleichzeitig zwei Finger in zwei Gläser stecken.

Beobachtung:

Der Finger wird im Glas mit den Bärlappsporen nicht nass. Trotzdem hat man durch die Kälte das Gefühl eines nassen Fingers.

Erklärung:

Zwischen Finger und Wasser bildet sich aufgrund der Oberflächenspannung eine schützende Schicht.

Quelle:

Werner Rentzsch, Experimente mit Spaß, Band 3, Hydro- und Aeromechanik, Akustik, hpt, Wien 1995

Die Luftkissen-CD

Geräte:

Bohrer, Stanleymesser, Zange
glatte Unterlage (Glasplatte)
Heißkleber
Schnur

Material:

CD, Korken (oder Gummistopfen)
Spritzenzylinder (2 oder 5 ml)
Kanüle 40 x 1,2
Luftballon

1



Bohre in den Stopfen ein Loch von 5 mm Durchmesser.

Klebe den Korken mit Heißkleber über das Loch einer CD auf die glänzende Seite.

Entferne die Nadel einer Kanüle mit der Zange und stecke den Kunststoffansatz in das Loch des Stopfens.

2



Entferne die breiten Teile des Spritzenzylinders mit einem Stanleymesser und schnitze die Schnittstellen glatt.

Ziehe einen Luftballon über die große Spritzenöffnung und binde ihn mit einem Schnurstück fest.

Blase den Luftballon über den Spritzenansatz auf.

3



Stecke den aufgeblasenen Luftballon auf den Kanülenansatz im Stopfen.

Setze die Luftkissen-CD auf eine glatte Unterlage.

Sie kann sich nun fast reibungsfrei bewegen.

Erklärung:

- Der höhere Luftdruck im Ballon hebt die CD. Die Reibung wird verringert

Hinweise:

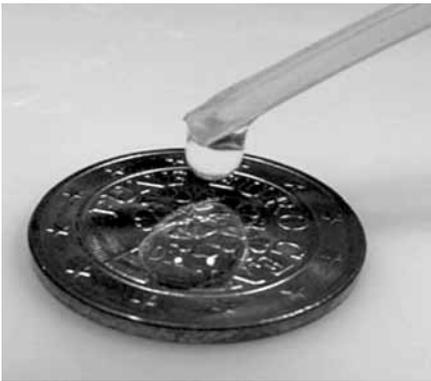
- Als Bohrer für den Stopfen kannst du einen Korkbohrer verwenden.
- Statt des Stopfens eignet sich auch eine durchbohrte Holzscheibe mit einer Dicke von mind. 10 mm.
- Die glänzende CD-Seite hat einen erhöhten Rand um das Loch. Daher muss sie für unser Luftkissenfahrzeug die Oberseite sein.
- Nadelentfernung: Drücke den Kunststoffansatz der Kanüle mit einer Zange etwas zusammen, bis der Kleber bricht und ziehe hernach die Nadel mit der Zange drehend heraus.

Der Wasserberg

Material:

kaltes, sauberes Wasser. Pipette, 5 Cent-Münze

1



Lege eine 5 Cent-Münze vor dich hin und setze mit der Pipette einen Tropfen nach dem anderen auf die Münze auf.

2



Nach vielen Tropfen hat sich auf der Münze ein Wasserberg gebildet. Er ist mehr als doppelt so hoch wie die Münze!
Wie viele Tropfen kannst du auf die Münze bringen?

3



Aber Achtung!
Nur ein Tropfen zu viel und der ganze Berg rinnt aus!

Erklärung:

- Die Wasseroberfläche ist „gespannt“. Die Teilchen der Wasseroberfläche halten besser zusammen als die Teilchen im Wasserinneren. Man nennt dies die „Oberflächenspannung“ des Wassers

Hinweise:

- Die Münze muss vor dem Versuch trocken sein. Am besten ist, du wischst mit einem Tuch darüber. Reibe sie danach zwischen den trockenen Fingern. Ein wenig Hautfett senkt die Benetzungsfähigkeit des Wassers auf der Münze!
- Vermeide Luftblasen! Die Pipette soll beim Tropfen immer vollgefüllt sein! Übe zuerst über dem Wasserglas, einzelne Tropfen fallen zu lassen.
- Ist der Berg schon etwas überhängend, so dauert es nicht mehr lange, bis er ausrinnt.
- Du solltest auch nicht zu sehr wackeln - der Tisch auch nicht!

Aus dem physikalischen Experimenteschatz:

Der Ketchuptaucher

Material:

Mineralwasserflasche aus Kunststoff 1,5 l, Ketchupbeutel

1



Knicke einen Ketchupbeutel der Länge nach und stecke ihn in eine leere Mineralwasserflasche. Fülle die Flasche mit Wasser und verschließe sie.

2



Drücke von außen auf die Flasche.

3



Der Ketchupbeutel sinkt nach unten. Wenn du nur leicht drückst, bleibt der Beutel in halber Höhe stehen – er „schwebt“.

Erklärung:

Im Ketchupbeutel befindet sich außer Ketchup auch eine Luftblase. Beim Zusammendrücken der Flasche wird auch die Luftblase im Beutel kleiner und die Dichte des Ketchupbeutels ändert sich

schwimmt: Dichte des Beutels unter 1 kg/dm^3 (ca. $0,95 \text{ kg/dm}^3$)

schwebt: Dichte des Beutels $1,0 \text{ kg/dm}^3$

sinkt: Dichte des Beutels über 1 kg/dm^3 (ca. $1,05 \text{ kg/dm}^3$)

Prinzip des Experiments: Flüssigkeiten können nicht zusammengedrückt werden; Gase schon.

Hinweise: Etikett der Flasche entfernen.

Radioaktivität im Koffer

Helmut Kühnelt

Radioaktivität ist – 25 Jahre nach Tschernobyl und 4 Monate nach Fukujima – aktueller denn je. Dass sie uns täglich begleitet, ist den wenigsten – Erwachsenen wie Jugendlichen – bewusst. Doch wie unterrichten? Manche traditionellen Demonstrationsexperimente sind durch verschärfte Sicherheitsbestimmungen unmöglich geworden. Und wie wären Schülereperimente möglich?

Die Lehrmittelfirma Mekruphy bietet daher einen Koffer an, der neben einem Messgerät für α -, β -, γ -Strahlung vor allem erlaubte Strahlungsquellen enthält. In Plastikdöschen gibt es einen Thorium-haltigen Glühstrumpf, Kaliumchlorid und den Kunstdünger Blaukorn. Der Koffer enthält einschließlich eines Maßbands alle notwendigen Teile. Sehr nützlich sind Proben- und Gerätehalterung, so dass ein stabiler Experimentieraufbau möglich ist. Ablenkmagnet und Absorberplatten sind ebenfalls vorhanden.

Das Messgerät „Radiation Inspector“ zeigt digital wahlweise die gezählten Impulse oder die Dosis ($\mu\text{Sv/h}$) an. Feste Messdauern lassen sich einstellen. Mit einem seriellen Ausgang können die Daten an den PC übertragen werden. Leider stand das entsprechende Programm nicht zur Verfügung. Ohne automatische Messwerterfassung werden so manche Aufgaben zu zeitaufwändigen Geduldspuren – das sollte gerade für den Schuleinsatz bedacht werden.

Ein Arbeitsheft mit Experimentiervorschlägen führt von der Nullrate über die klassischen Demonstrationen (Statistische Natur der Strahlung, Abstandsgesetz, Absorption, magnetische Ablenkung) zu Versuchen mit Radioaktivität aus der Umwelt: Radioaktivität in Luft und Leitungswasser.

Ich hatte Gelegenheit, Versuche aus dem Koffer selbst durchzuführen. Qualitative Versuche sind rasch aufgebaut und durchgeführt. Kritisch wird es bei quantitativen Versuchen, sie dauern zu lange, insbesondere wenn Wiederholungen zur Demonstration der statistischen Natur der Zerfälle gewünscht werden.

Die Experimentiervorschläge zur Umweltradioaktivität unterscheiden den Koffer von den üblichen Lehrmitteln. Mit einer elektrostatisch aufgeladenen Plastikplatte werden geladene Zerfallsprodukte des stets in der Luft vorhandenen Radon $\text{Rn}222$ eingefangen. Die Messung der Aktivität zeigt deutlich ein Abklingen. Die Tochterkerne $\text{Pb}214$ und $\text{Bi}214$ sind Betastrahler mit Halbwertszeiten von 26, bzw. 20 min.



Das Strahlenmessgerät INSPEKTOR und der Glühstrumpf im Plastikdöschen in der praktischen Halterung.

Dementsprechend ergibt sich keine einfache Exponentialkurve.

Besser als die Plastikplatte eignet sich ein Luftballon zum Ionen-Sammeln. Aufgeblasen und mit Wolle gerieben sammelt er Ionen, am ausgelassenen Ballon sind die Ionen auf kleiner Fläche konzentriert.

Wenig Erfolg erlebte ich mit dem Experiment zur Radioaktivität im Trinkwasser. Radioaktive Partikel im Leitungswasser sollen durch Filtrieren im Papierfilter konzentriert werden. Dieser Vorgang mit der vorgeschlagenen Wassermenge und dem Material aus dem Koffer dauerte eine Stunde und die Aktivität des getrockneten Filters war bescheiden. Vielleicht funktioniert das Experiment besser im Mühl- oder Waldviertel als in Klosterneuburg?

Insgesamt bietet der Koffer eine solide Grundausstattung für Lehrer- und Schülereperimente zur Radioaktivität. Auf jeden Fall sollte er mit der notwendigen Software angeschafft werden. Ein Wermutstropfen ist der Preis von ca. 1000 EUR.

Dr. Helmut Kühnelt, E-Mail: helmut.kuehnelt@univie.ac.at

Astronomische Spitzentechnik im physikalischen Schauversuch

Leopold Stadler

Begonnen hat die Geschichte mit der Lektüre eines interessanten Artikels im Spektrum der Wissenschaft (März 2008), am Ende stand ein ungewöhnlicher Demonstrationsversuch bei meiner traditionellen Versuchsvorführung im Rahmen der Fortbildungswoche 2010.

Der Artikel „*Die Renaissance der flüssigen Teleskopspiegel*“⁽¹⁾ beschreibt die alte Idee, die Oberfläche einer Flüssigkeit, welche mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um eine senkrechte Achse rotiert, als Parabolspiegel für ein astronomisches Instrument zu benutzen. Natürlich ist dabei wegen seines hohen Reflexionsvermögens Quecksilber die erste Wahl.

Dem Artikel entnehme ich folgende Angaben über historische Vorläufer zur Verwirklichung dieser Idee:

- Die erste schriftliche Erwähnung stammt von Ernesto Capocci, 1850, Astronom am Observatorium zu Neapel.
- Erste experimentelle Verwirklichung 1872 durch Henry Skey vom Dunedin Observatorium in Neuseeland. Spiegeldurchmesser 35 cm – über erzielte Bilder ist nichts bekannt.
- Ein verbessertes Exemplar enthielt eine flache Quecksilberschüssel von 51 cm Durchmesser und es konnte ein Doppelsternsystem von 2,3 Bogensekunden auflösen, (was etwa 1/10 der theoretischen Beugungsgrenze darstellt:

$$2,3'' = 1,11 \cdot 10^{-5} \text{ rad}; \quad \frac{\lambda}{D} \approx \frac{0,5 \mu\text{m}}{510 \text{ mm}} = 1,1 \cdot 10^{-6}$$

Abgesehen vom Kampf mit erheblichen mechanischen Problemen (extrem ruhiges Lager, hohe Konstanz der Drehgeschwindigkeit) führten diese Versuche in eine Sackgasse: Da die Spiegelachse immer senkrecht stehen muss, ist ein solches Teleskop ein reines Zenith-Instrument; überdies gestattet es mangels Nachführung keine längeren Belichtungszeiten. Daher verschwanden diese Fernrohr-Exoten für über 70 Jahre aus dem Instrumentenbau. Erst ab 1982 erkannte man, dass mittels digitaler CCD-Technik das Problem der Bild-Drift lösbar sein sollte; 1 bis 2 Minuten Belichtungszeit sind dabei typisch.

Heute ist die Entwicklung bei 6 Meter – Flüssigspiegeln angelangt, deren Auflösungsvermögen ans Limit dessen reicht, was die Beugungstheorie als Grenze setzt ($\Delta\varphi \approx 0,02''$).

Nun wollte ich unbedingt wissen

- a) gelingt es, mit „Hausmitteln“ ein herzeigbares Bild herzustellen?
- b) wie gut stimmt die Brennweite des Hohlspiegels, welche sich aus Bild- und Gegenstandsweite ergibt, mit dem Wert überein, der sich aus dem Gleichgewicht in Abhängigkeit von der Drehzahl errechnet?

Beide Ziele wurden erreicht und ich kann Näheres über diesen Versuch berichten.

Vorerst eine mathematische Vorbereitung zu Punkt b) (Abb. 1)

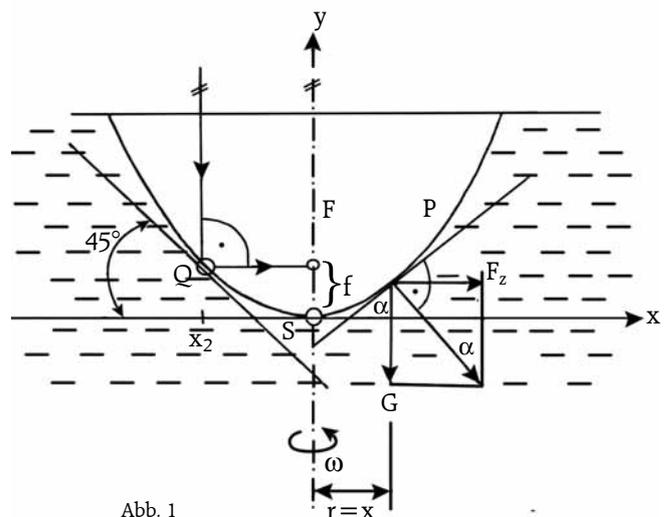


Abb. 1

Gleichung der Parabel: $y' = \tan \alpha = \frac{F_z}{G} = \frac{m \cdot \omega \cdot x}{m \cdot g}$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\omega^2}{g} \cdot x \quad | \int \quad (1)$$

$$y = \frac{\omega^2}{2g} \cdot x^2 + K, \quad K = 0$$

$$F(x) = \frac{\omega^2}{2g} \cdot x^2 \quad (2)$$

Brennweite $f = \overline{SF}$ z.B. über den achsenparallelen Lichtstrahl, der von Q (mit $\tan \alpha = -1$) um 90° nach F reflektiert wird (T = zu messende Dauer einer Umdrehung):

$$Q(x_Q, f), \quad F'(x_Q) = \tan 135^\circ = -1, \quad \frac{\omega^2}{g} \cdot x_Q = -1, \quad x_Q = -\frac{g}{\omega^2}$$

$$f = F(x_Q) = \frac{\omega^2}{2g} \cdot \left(-\frac{g}{\omega^2}\right) \Rightarrow f = \frac{g}{2\omega^2} = \frac{g}{8} \cdot \left(\frac{T}{\pi}\right)^2 \quad (3)$$

OStR. Mag. Leopold Stadler, ehemaliger Physiklehrer an der HTL 16 Wien

Erwartungsgemäß musste ich jene Schwierigkeiten bekämpfen, von denen die Pioniere der Flüssigkeitsteleskope berichten. Solcherart vorgewarnt benützte ich nicht Quecksilber – schon wegen seiner Anfälligkeit bei geringster Erschütterung in Form von Kräuselung der Oberfläche. Stattdessen ist das zähe Glyzerin zu empfehlen, trotz der starken Einbuße an Bildhelligkeit. Aus Formel (3) errechnet man, dass für Brennweiten, welche ein großes Bild im Physiksaal ermöglichen, Umdrehungsdauern von 1 bis 2 Sekunden in Frage kommen.

Erste Voraussetzung: Ein Experimentiermotor, der sehr ruhig läuft, in diesem kleinen Drehzahlbereich fein regelbar ist und die Winkelgeschwindigkeit sehr konstant hält.

Zweite Voraussetzung: Das Gefäß muss absolut rund laufen, optimal ist ein Exemplar „in einem Stück von der Drehbank“ gefertigt.

Glücklicherweise besitzt unsere Physiksammlung eine Aluminiumdose, welche samt Stiel aus einem Stück gefertigt ist; unsere Dreherei hat sie nach meiner Skizze für den Versuch „Interferenzen an einer rotierenden Seifenlamelle“ hergestellt (Abb. 2).

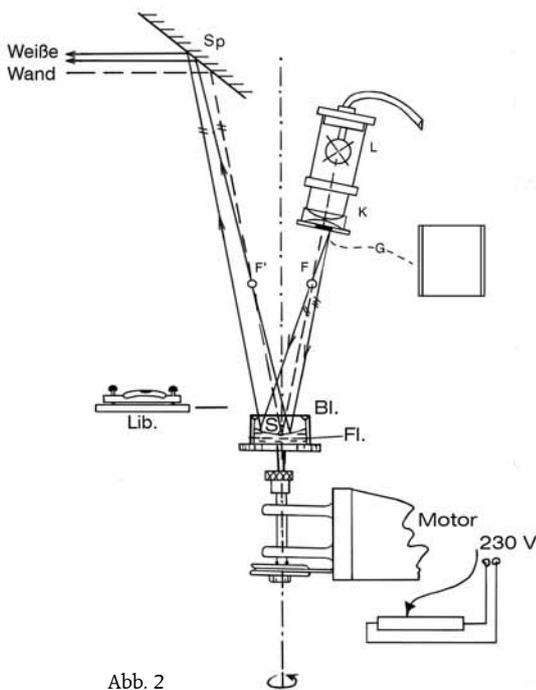


Abb. 2

Sie ist innen mit schwarzem Samt ausgekleidet, besitzt 6 cm Öffnungsdurchmesser und hat sich für diesen Spiegelversuch bestens bewährt. Ein Umlenkplanspiegel Sp sorgt dafür, dass das Bild bequem sichtbar an der weißen Wand erscheint. Experimentiermotor inklusive Dose, Leuchte mit Gegenstand, sowie der Umlenkspiegel sind auf einem Stativ mit schwerem Fuß aufgebaut. Um die Drehzahl fein regeln zu können, habe ich dem Potentiometer noch einen 11 Ohm-Schiebewiderstand zugeschaltet. Weiters:

- Zur Stabilisierung des Paraboloids muss die Drehachse genau senkrecht stehen.
- Um die Gegenstandsweite mm-genau darzustellen, benützte ich einen dünnen Holzstab, der – an die F-Scha-

blone angelegt – die Flüssigkeit in der Mitte berührte.

- Eine Marke am Mantel der Dose erlaubt es, die Umdrehungsdauer bequem per Handstoppuhr zu messen.
- Das Bild ist gut, aber recht lichtschwach – daher war der Saal ganz zu verdunkeln

Erfolge

1. ein „neues Scharfstell-Gefühl“: Der Schiebewiderstand und damit die Drehzahl wird geregelt, bis das Bild scharf ist. Man beachte, dass hier ein Parabolspiegel mit stetig veränderlicher Brennweite vorliegt.
2. Das Bild wird erstaunlich scharf, sogar die Körnung des Transparentpapiers ist zu erkennen. Allerdings schwankt die Bildscharfe um dieses Optimum – die Winkelgeschwindigkeit müsste noch besser konstant sein.

3. Quantitative Prüfung:

Gegenstandsgröße G = Höhe der „F“-Schablone = 20 mm

Gegenstandsweite g = 22,8 cm

Bildweite b = S Sp + Sp Wand = 193 cm

$$f = \frac{b \cdot g}{b + g} = 20,4 \text{ cm} \quad \text{oder:}$$

$$\text{Höhe des Bildes } B = 170 \text{ mm} \Rightarrow v = \frac{B}{G} = \frac{170}{20} = 8,5$$

$$f = \frac{b \cdot g}{b + g} = \frac{b}{v + 1} = \frac{193 \text{ cm}}{9,5} = 20,3 \text{ cm}$$

andererseits: Handstoppung über 30, 40, 50 Umdrehungen ergibt T = 1,283 sec. Aus (3) folgt

$$f = \frac{9,81 \text{ m}}{8 \text{ s}^2} \cdot \left(\frac{1,283 \text{ s}}{\pi}\right)^2 = 20,45 \text{ cm}^2$$

Übrigens ist die Mulde des Spiegels nur 1,1 mm tief.

Aufgrund meiner Erfahrungen bei der Entwicklung des Versuches kann ich erst recht die Leistungen bewundern, welche bei der Entwicklung des 6m-Hg-Spiegels vollbracht wurden. In dem zitierten Artikel erfahren wir unter anderem:

- Mechanische Lager ermöglichen keinen hinreichend ruhigen Lauf: ein reibungsfreies Lager mit Druckluft trägt den 3 t – Spiegel
- Die Drehgeschwindigkeit muss besser als 10^{-6} stabil sein. Das wird erreicht mit einem Motor, der über einen optischen Impulsgeber mit 2500 Signalen pro Umdrehung gesteuert wird (T = 9 sec, f = 10 m).
- Über einem Leichtbaugerüst liegt eine mehrschichtige Schale, zu oberst eine Schicht aus Epoxiharz, das bei der richtigen Drehzahl erstarrt ist.
- Erst darauf bilden 40 l Quecksilber eine etwa 1,5 mm dicke reflektierende Schicht.

Die Kosten eines solchen Spiegels betragen nur etwa 1/10 eines gleichgroßen konventionellen Glas-Spiegels.

2) für diese Messwerte gibt es über 50 Zuseher als Zeugen

Schülerlabore und die Förderung kreativer Potenziale

Manfred Euler & Susanne Weßnigk

Kurzfassung

Getragen von der Grundidee, Wissenschaft durch erfahrungsbasierte Zugänge für Kinder und Jugendliche erlebbar und besser begreifbar zu machen, sind im vergangenen Jahrzehnt vielerorts Schülerlabore entstanden. Diese außerschulischen Angebote zum Lernen durch Experimentieren haben sich mittlerweile als wirksame Instrumente zur Breiten- und Spitzenförderung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich erwiesen. Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über verschiedene Schülerlaborkonzepte in Deutschland und deren Erträge in Bezug auf die Entwicklung von Interesse und Aufgeschlossenheit. Am Beispiel des Baylab plastics wird eine neue Generation von interdisziplinären Schülerlaboren vorgestellt, die Naturwissenschaft und Technik mit Wirtschaft und Industrie verbinden. Hier gelingt an der Schnittstelle von Schule und Beruf auf vielfältige Weise die Förderung von Gestaltungs- und Handlungskompetenzen. In der Veränderung des Bildes von Naturwissenschaften ergeben sich darüber hinaus bemerkenswerte Rückwirkungen auf den Unterricht.

Schülerlabore als Bildungsinnovation: Ziele, Fakten, Daten

Unter dem Eindruck der teilweise unzureichenden Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts und der geringen Attraktivität vieler naturwissenschaftlich-technischer Studienfächer und Berufe ist eine reichhaltige außerschulische Bildungslandschaft entstanden, die dieser Befundlage entgegenzuwirken sucht. Schülerlabore, die an Forschungseinrichtungen, Universitäten, Museen, Science Centern sowie in der Industrie eingerichtet worden sind, spielen dabei eine besondere Rolle. Bemerkenswert sind Ideenreichtum und Originalität der realisierten Laborkonzepte sowie das hohe Maß an Engagement der beteiligten Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftler und Lehrkräfte. Das Spektrum reicht von Initiativen, die von Einzelnen getragen werden, bis hin zu großzügig ausgestatteten Schülerlaboren an Großforschungseinrichtungen.

Trotz unterschiedlicher Entstehungsgeschichte und spezifischer Schwerpunktsetzung verfolgen die Betreiber der

Labore ein gemeinsames übergeordnetes Ziel: die Förderung von Interesse und Aufgeschlossenheit von Kindern und Jugendlichen für Naturwissenschaften und Technik sowie die Vermittlung eines zeitgemäßen Bildes dieser Fächer und ihrer Bedeutung für unsere Gesellschaft. Zum Erreichen dieser anspruchsvollen Zielstellung setzen sie auf verschiedene Gestaltungsprinzipien (Infokasten 1).

Diese Merkmale der Lernumgebung Schülerlabor erfüllen viele der Kriterien, die unter der Perspektive der Lehr-Lern-Theorie als relevant für eine aktive Wissenskonstruktion durch die Lernenden angesehen werden. Sie ermöglichen erfahrungsbasiertes und forschendes Lernen in kognitiv aktivierenden und herausfordernden Kontexten. Nach zaghaften Anfängen als „bottom up“-Bewegung (vgl. [1]) und entgegen vieler zunächst eher skeptischer Stimmen haben diese außerschulischen Lernangebote im letzten Jahrzehnt einen bemerkenswerten Aufschwung genommen. Man kann durchaus von einer Erfolgsgeschichte sprechen. Den Laboren ist es gelungen, ein innovatives Bildungskonzept voranzutreiben und wirksam auch gegen mancherlei Widerstände im System zu etablieren.

Mittlerweile existieren in Deutschland weit über 200 Laboreangebote mit dem Schwerpunkt in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie, Physik, in der Technik, in Mathematik und Informatik sowie mit inter- und multidisziplinären Zielen. Pro Jahr erreichen die Labore mehr als 350 000 Schülerinnen und Schüler sowie ca. 12 000 Lehrkräfte, die zumeist im Klassenverband das Labor besuchen (für eine Übersicht über Schülerlabor-Angebote sowie aktuelle Daten für Deutschland: www.lernort-labor.de)

Diese Zahlen sowie der extrem hohe Nutzungsgrad belegen Akzeptanz und Bedeutung dieser besonderen außerschulischen Bildungsangebote. Mittlerweile stagniert die Zahl der Labore, da es immer schwieriger wird, Geldgeber für deren Neugründung und für den Betrieb zu finden. Eine weitere Verstärkung wäre wünschenswert, denn die verfügbaren Labore decken kaum den Bedarf. Die Nachfrage nach Labortagen ist wesentlich größer als das Angebot. Viele Schülerlabore haben lange Wartelisten und müssen interessierte Klassen abweisen.

Prof. Dr. Manfred Euler leitet die Abteilung Didaktik der Physik am IPN Kiel, Olshausenstr 62, 24118 Kiel. E-Mail: euler@ipn.uni-kiel.de
Susanne Weßnigk ist Physiklehrerin und Doktorandin am IPN.

Infokasten 1: Ziele, Prinzipien und Gestaltungsmerkmale der Lernumgebung Schülerlabor

- Begegnung mit modernen Natur- und Ingenieurwissenschaften durch erfahrungsbasierte Zugänge zu Prozessen der Forschung und Entwicklung.
- Schaffung eines Lernumfelds, das zur aktiven Auseinandersetzung mit möglichst lebensweltbezogenen, authentischen Problemen aus Wissenschaft und Technik anregt.
- Ermöglichen von konkreten Erfahrungen durch Experimentieren und praktische Aktivitäten.
- Bieten von Lern- und Entfaltungsmöglichkeiten im Rahmen von Team- und Projektarbeit.
- Bearbeiten von herausfordernden Aufgaben und Problemen, die durch angemessene Unterstützungsmaßnahmen für die Kinder und Jugendlichen lösbar sind.
- Förderung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen.
- Vermitteln von Erfahrungen über Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.
- Ermöglichen persönlicher Kontakte mit Forscherinnen und Forschern sowie die Erfahrung von möglichen Rollenmodellen, insbesondere auch für Mädchen und junge Frauen.

Empirische Studien zur Wirksamkeit von Schülerlaboren

Schülerlabore bieten verschiedene Besonderheiten und Vorzüge gegenüber dem traditionellen Unterricht. Dies betrifft vor allem ihre Authentizität, die Orientierung an naturwissenschaftlichen und technischen Arbeitsweisen, die fachliche Expertise und der Kontakt mit aktiven Wissenschaftlern und Technikern sowie das Angebot vielfältiger Aktivitäten in einem Umfeld, das zur kreativen Entfaltung einlädt. Im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht verfügen die Labore über große Freiheiten in der Gestaltung der Lernfelder. Sie sind nicht an die oft restriktiven Vorgaben eines Lehrplans, an die Anforderungen zentraler Prüfungen oder an den 45 Minuten Takt einer Schulstunde gebunden.

Die Lernumgebung Schülerlabor ist eher komplex. Sie bettet die praktische Arbeit in interessante thematische und methodische Kontexte ein und geht vielfältige Wege, um die Lernenden anzuregen, selbst aktiv zu werden, Lösungen zu erarbeiten und die dabei gewonnenen Erfahrungen zu reflektieren. Neben Authentizität und Forschungsbezug stellen die Aufgaben für die Lernenden eine Herausforderung dar, die unter Nutzung geeigneter Werkzeuge zumeist kooperativ zu lösen sind. Je nach Zielgruppe und Fach (s.u.) variieren die Aufgaben in Schwierigkeit, Offenheit und

Unterstützung durch die Betreuenden. Das erfahrungsbasierte Lernen im Labor unterliegt anderen Randbedingungen als das formale Lernen im Unterricht und bietet mehr Freiheitsgrade der Entfaltung. Es steht nicht abfragbares Wissen im Zentrum; vielmehr wird eher „en passant“ gelernt. Trotz seines oberflächlich scheinenden Charakters ermöglicht dieses eher informelle Lernen die Gewinnung wichtiger fachlicher Kompetenzen (v.a. im Bereich von Arbeitsweisen) ebenso wie überfachlicher sozialer Erfahrungen und Orientierungen. Den geschilderten Vorzügen von Schülerlaboren steht ihr singulärer Charakter gegenüber. Nach dem Laborbesuch, der in vielen Fällen im Unterricht kaum vor- oder nachbereitet wird, geht der Schulalltag in der gewohnten Weise weiter.

Die Wirksamkeit der Maßnahmen war daher zunächst umstritten: Warum sollte den Laboren durch einmalige Interventionen gelingen, was sich im Unterricht als schwierig erweist? Eine Reihe von Studien hat sich dieser Frage gestellt [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Sie untersuchen vor allem die kurz- bis mittelfristigen Entwicklungen im Interesse und Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler. Anschluss an den Laborbesuch in Abhängigkeit von Persönlichkeitsmerkmalen und den wahrgenommenen Labormerkmalen. Die auf Fragebogen basierenden Erhebungen untersuchen zumeist drei Zeitpunkte (Prä-, Post- und Follow-Up-Tests). Exemplarisch ist das in Abb. 1 dargestellte Modell der untersuchten Wirkungszusammenhänge, das in leichten Abwandlungen den meisten Studien zugrunde liegt [9].

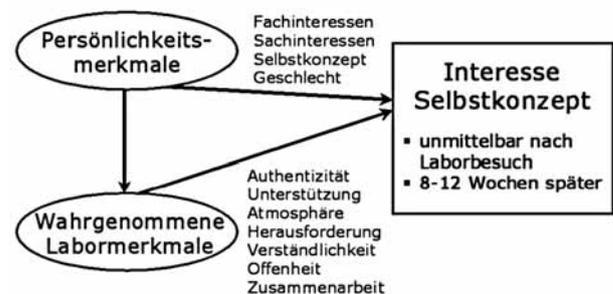


Abb. 1: Untersuchungen zur Wirkung von Schülerlaboren und Modell von Einflussfaktoren

Die kontraintuitive Effektivität einmaliger Laboraktivitäten

Eine erste Pilotstudie hat die Wirkung von Physik- und Techniklaboren auf Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I untersucht. Sie belegt kurz- bis mittelfristige Effekte bei verschiedenen Dimensionen des Interesses [2]. Es besteht ein hohes emotionales Interesse – die Labortätigkeit hat sehr viel Spaß gemacht. Ebenso ist ein hohes wertbezogenes Interesse vorhanden – der Laborbesuch wird als bedeutsam empfunden. Schließlich gelingt es (allerdings in geringerem Umfang) epistemisches Interesse zu erzeugen – der Wunsch, mehr zu lernen. Eine Reihe von Folgestudien kommt zu ähnlichen Ergebnissen auch bei Laboren mit anderer fachlicher Orientierung. Einige Untersuchungen weisen auch Veränderungen im Selbstkonzept sowie im Bild

von Naturwissenschaft nach, die über Monate anhalten – Wirkungen, die man von einer einmaligen Intervention kaum erwartet hätte.

Allerdings werden mittelfristige Effekte nicht von allen Studien bestätigt. Derart nachhaltige Momente werden offenbar nicht von allen Laboren erzielt, bzw. etwaige Veränderungen verblassen wieder je nach Labor mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Ein Kontrollgruppenexperiment weist für ein Chemie-Labor beispielsweise kurzfristige Wirkungen auf das Sachinteresse und das Selbstkonzept nach: vier Monate nach dem Laborbesuch sind diese Effekte nicht mehr feststellbar [10]. In dieser wichtigen Frage besteht sicher noch weiterer Forschungsbedarf.

Die im Folgenden berichteten Ergebnisse belegen dagegen nachhaltige Effekte. Die Befunde betreffen Schülerlabore des DLR, die sich an Jugendliche aus der Oberstufe sowie an die Abschlussklassen der Sekundarstufe I richten [11]. Die Labore mit zum Teil aufwendigen Experimenten aus den DLR-Forschungsbereichen Luft- und Raumfahrt, Energie sowie Verkehr fordern ein hohes Maß an Eigenaktivität ein. Diese Aktivitäten werden von dem größten Teil der Schülerinnen und Schüler als interessant und bedeutsam erlebt. Wie sich am epistemischen Interesse zeigen lässt, fördern sie bei rund der Hälfte der Jugendlichen das Interesse, sich mit den im Labor aufgeworfenen naturwissenschaftlich-technischen Fragen auch weiter auseinanderzusetzen (Abb. 2).

Vor allem die Effekte beim epistemischen Interesse sind interessant und bedeutsam, denn sie drücken eine Veränderung in der Bereitschaft zum Handeln aus. Die Jugendlichen wollen mehr über die Themen des Labors lernen. Ein hoher Wert auf dieser Skala ist somit ein Indikator für die Wirksamkeit und die Qualität des Labors. Labore, die weniger stark aktivieren oder eher unterrichtsnah ausgerichtet sind (s.u.), erzielen nur deutlich geringere Werte des epistemischen Interesses.

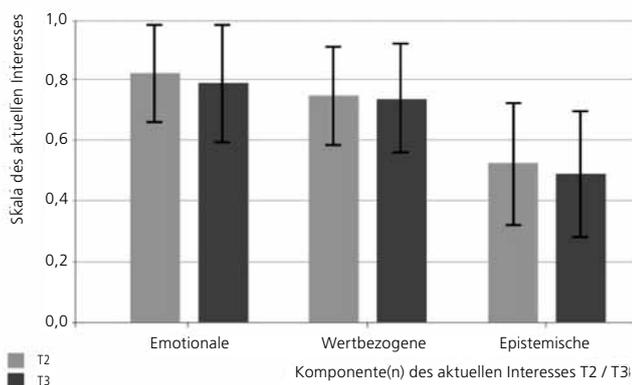


Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen von Komponenten des aktuellen Interesses im Anschluss an den Laborbesuch (T2) und sechs bis acht Wochen später (T3).

Man könnte vermuten, dass die Labore nur jene Schülergruppen ansprechen und anregen, die ohnehin bereits für die behandelten Themen und Fragen hoch motiviert sind. Dazu wurde auch untersucht, wie viel Varianz im Interesse aus den dispositionalen Variablen der Schüler (Sach- und Fachinteresse sowie Fähigkeitsselbstkonzept vor dem Labor-

besuch) und den wahrgenommenen Labormerkmalen aufgeklärt werden kann. Es zeigt sich, dass beim emotionalen und wertbezogenen Interesse die Schülerdispositionen nur eine untergeordnete Rolle spielen und kaum einen zusätzlichen Beitrag zur Varianzaufklärung liefern (<5%). Der Spaß an der Labortätigkeit und die Bedeutung des Labors werden somit weitgehend unabhängig von den bereits vorhandenen Interessen und Einstellungen bewertet.

Beim epistemischen Interesse ist erwartungsgemäß das Gewicht der schülerspezifischen Dispositionen höher. Für sich genommen klären die Schülerdispositionen vor dem Laborbesuch 32% der Varianz im epistemischen Interesse nach dem Laborbesuch auf. Die wahrgenommenen Laborvariablen für sich kommen auf 40% der Varianz. Beide Variablengruppen zusammen (wahrgenommene Labormerkmale plus Schülerdispositionen) erklären insgesamt 53% der Varianz im epistemischen Interesse. Die Einbeziehung der Labormerkmale verbessert somit die Vorhersage signifikant und klärt einen weiteren Varianzanteil von 21% auf. Insofern kann man davon ausgehen, dass die Labore tatsächlich kausal wirksam sind und über die bereits vorhandenen Interessen und Leistungen hinaus die Jugendlichen für die behandelten Themen und Arbeitsweisen aktivieren.

Der kleine Unterschied: Kein Gender-Gap bei Schülerlaboren

Offenbar spricht die praktische Projektarbeit in den Laboren auch jene Problemgruppen an, die sich im Unterricht nur wenig einbringen. Das betrifft auch die Beteiligung von Mädchen und jungen Frauen. Insbesondere bei der Schulphysik besteht eine extrem starke geschlechterspezifische Polarisierung beim Fachinteresse und beim fachlichen Selbstkonzept, die sich trotz vieler Bemühungen der Vergangenheit um gender-gerechten Unterricht in den „harten“ Naturwissenschaften hartnäckig hält. Im Gegensatz zum Unterricht gelingt es den Laboren, Mädchen und Jungen nahezu gleichermaßen gut anzusprechen.

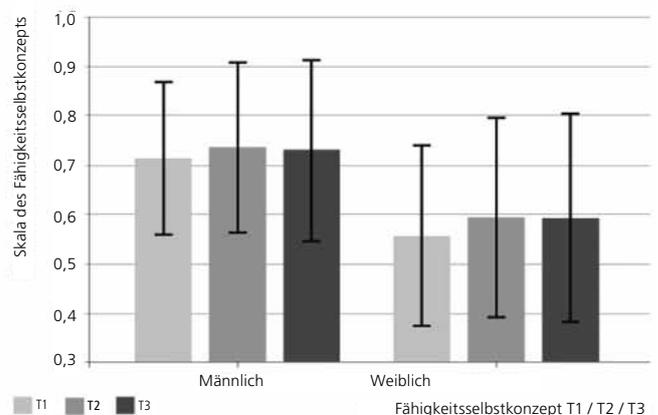


Abb. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen des Selbstkonzepts vor (T1) und nach dem Laborbesuch (T2) sowie sechs bis acht Wochen später (T3), getrennt nach den Geschlechtern. Der „Gender Gap“ ist deutlich zu erkennen, aber bei den Schülerinnen steigt das Selbstkonzept nach dem Laborbesuch tendenziell stärker. Der Abstand zu den Jungen wird kleiner, die Effektstärke verringert sich von $d=0,9$ auf $d=0,7$.

Der Laborbesuch wird von beiden Geschlechtern mit positiven Gefühlen belegt und als persönlich bedeutsam gesehen. Mädchen übertragen ihre negativen Bewertungen des Physikunterrichts nicht auf das Lernen im Labor und profitieren tendenziell stärker als Jungen von den Lernerfahrungen. Eine merkliche Steigerung ihres fachlichen Selbstkonzepts nach dem Laborbesuch stellt sich ein. Der Unterschied zu den Jungen ist zwar immer noch vorhanden, doch der Abstand hat sich verringert (Bild 3).

Eine nahe liegende Vermutung zur Deutung dieses positiven Gender-Effekts und der Aktivierung eher zurückhaltender Schüler liegt in der positiven Selbstwirksamkeitserfahrung durch die Tätigkeit in den Laboren. Die Laborteilnehmer können sich entsprechend ihrer Möglichkeiten und Stärken in die Arbeit einbringen und dabei Erfolgserlebnisse erzielen. Vor allem die Vielfalt der Interaktionsmöglichkeiten und die Gelegenheiten zum kooperativen ergebnis- bzw. produktorientierten Arbeiten an einem Projekt unterscheidet die Labortätigkeit vom eng geführten Unterricht. Lehrkräfte sind von den Leistungen der Jugendlichen in dem neuen Lernumfeld oft positiv überrascht und bestätigen, dass sie manche ihrer Schülerinnen und Schüler „nicht mehr wiedererkennen“.

Labordesign: Balance von Anleitung und Selbstständigkeit

Erfolg und Wirksamkeit der Schülerlabore hängen stark davon ab, wie gut es gelingt, ein angemessenes Verhältnis von Anleitung und Offenheit bei den angebotenen Experimenten und Projekten herzustellen. Entgegen manch hoher Erwartungen funktioniert die Wissenskonstruktion in offenen gestalteten Lernumgebungen mit minimaler Führung in den wenigsten Fällen [12, 13]. Die Schülerinnen und Schüler müssen in geeigneter Weise angeleitet und unterstützt werden. Fehlende Zielorientierung und mangelnde konzeptuelle Durchdringung sowie eine adäquate Reflexion der Laborprozesse sind häufige Gründe des Scheiterns. Andererseits lähmt ein Übermaß an Führung die motivationale Entwicklung und die Entfaltung kreativer Ideen und produktiver Potenziale bei den Lernenden.

Die verschiedenen Laborkonzepte unterscheiden sich sehr stark darin, wie dieser subtile Balanceakt und die Gratwanderung zwischen Anleitung und Selbstständigkeit sowie zwischen Zielorientierung und Offenheit umgesetzt werden. Es findet sich das gesamte Spektrum von Möglichkeiten, das von eng geführter kochbuchartiger Labortätigkeit bis zum relativ freien Arbeiten reicht. Bei der Rolle der Autonomie, die den Laborbesuchern zugestanden wird, zeigen sich deutliche fachspezifische Unterschiede innerhalb der Schülerlabor-Landschaft, die auf bemerkenswerte Differenzen in den Fachkulturen verweisen. Physik- und Biologiellabore bilden die jeweiligen Extremgruppen (Abb. 3). Der Schwerpunkt liegt auf dem stärker eigenständigen und offeneren Arbeiten in der Physik im Vergleich zu einem eher enger geführten Vorgehen in der Biologie.

Diese Unterschiede sind insofern bemerkenswert, als bei den betrachteten Laborarrangements keine echten Freiheiten in der Durchführung der Versuche existieren. Die Experimente sind in der Regel weitestgehend vorgegeben und es bestehen kaum Variations- oder Umgestaltungsmöglichkeiten. Dennoch bestehen große Unterschiede in Bezug auf Eigenaktivitäten der Laborteilnehmer in verschiedenen Phasen der Forschungsaktivitäten beim Entwickeln von Fragestellungen, bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente sowie bei der Diskussion und Präsentation der Ergebnisse.

Die erkennbare Polarisierung zwischen Physik- und Biologiellaboren verläuft komplementär zum vorherrschenden Image der Schulfächer. Man kann vermuten, dass sich darin auch eine verborgene Agenda in der Laborkonzeption äußert: Dem stringenten und notorisch harten Image des Fachs Physik wird ein eher offenes, exploratives Arbeiten in den Laboren entgegengesetzt. In der Biologie werden dagegen die systematischen Aspekte experimenteller Tätigkeit in den Vordergrund gerückt. Die Laborbetreiber sehen hier offenbar einen Bedarf an stärkerer Anleitung und Führung bei der Labortätigkeit.

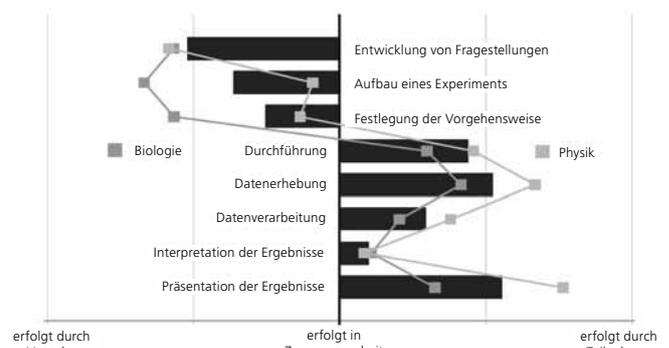


Abb. 4: Grad der Selbstständigkeit in verschiedenen Bearbeitungsphasen experimenteller Aufgaben nach Angaben der Laborbetreiber (Mittelwerte einer fünfstufigen Skala, Balken: alle Labore)

Weitere Differenzen zwischen beiden Laborgruppen bestehen in der Enge der Lehrplanbezüge. Biologiellabore geben an, sich mit ihren Themen relativ eng am Curriculum zu orientieren und lehrplanrelevantes Wissen zu vermitteln. Dagegen spielt eine solche enge thematische Passung bei vielen der physikalisch-technischen Labore nur eine untergeordnete Rolle. Ein Bezug zu Lehrplänen oder Bildungsstandards wird von diesen Laboren nicht inhaltlich, sondern methodisch begründet. Im Zentrum stehen Erfahrungen und Arbeitsweisen. In vielen Fällen ist eine enge thematische curriculare Verankerung auch kaum möglich, denn viele der in den Laboren behandelten Themen tauchen in den Lehrplänen nicht auf (obwohl sie eine hohe lebensweltliche Relevanz besitzen).

Inwieweit ist es also günstiger, die Nähe zu Unterrichtsthemen zu betonen oder komplementäre Konzepte zu favorisieren? Die Schülerurteile zur Frage, ob sie in dem Labor mehr Zusammenhänge verstanden haben als an einem normalen Schultag, fallen für beide Laborgruppen unterschiedlich aus. Die eher komplementär zum Unterricht konzipierten

Physik- und Techniklabore werden signifikant positiver bewertet als die eher unterrichtsnah gestalteten Biologie-labore (Abb. 5). Auch das epistemische Interesse nach dem Laborbesuch fällt bei stärkerer Unterrichtsnähe um ca. 20-30% geringer aus.

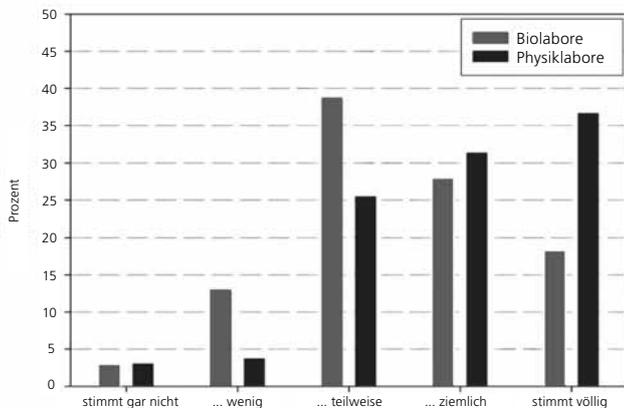


Abb. 5: Verteilung der Schülerantworten auf die Feststellung: „Ich habe heute mehr Zusammenhänge verstanden als an einem normalen Schultag“.

Eine monokausale Deutung dieser Unterschiede ist sicher nicht unproblematisch, da man fachliche Einflüsse dabei ausblendet. Dennoch sind die Ergebnisse ein Indiz dafür, dass es sich bewährt, eine enge Führung und zu enge Bezüge auf den Unterricht und das Schulfach im Labor zu vermeiden. Für die Akzeptanz der Laborangebote erscheint es aussichtsreicher, auf Komplementarität zu setzen und auf Kompetenzen und Arbeitsweisen zu fokussieren, die im Standard-Unterricht weniger zur Entfaltung kommen.

Labore an der Schnittstelle zur Berufswelt: Das Baylab plastics

Die Entwicklung und Ausdifferenzierung der Schülerlabor-Landschaft ist noch nicht abgeschlossen und vollzieht sich in Wechselwirkung mit den Erfordernissen der Gesellschaft. Während man die Schülerlabore der ersten Generation als wissenschaftsgetrieben bezeichnen kann, richtet sich der Fokus des außerschulischen Lernens zunehmend auf berufsorientierende Ziele und Bezüge zur Wirtschaft und zur Industrie. Dies ist auch eine Reaktion auf den Mangel an qualifizierten Fachkräften mit entwicklungsfähigem naturwissenschaftlich-technischem Hintergrund – ein gemeinsames Problem vieler Industriestaaten, das sich vielerorts durch den demographischen Wandel künftig noch verschärfen wird.

Über das naturwissenschaftlich-technische Fachwissen hinaus sind Gestaltungs- und Handlungskompetenzen gefragt, die in den Laboren wie durch kaum eine andere Bildungsmaßnahme gefördert werden können. Angesichts der absehbaren Zuspitzung in Bezug auf Nachwuchsprobleme und Fachkräftemangel ist verstärkt auch die Abnehmerseite gefordert, die Initiative zu ergreifen. Das Angebot an entsprechenden Industrie-Laboren, die eine umfassende und anschlussfähig angelegte Förderung von Kindern und Jugendlichen betreiben, ist derzeit allerdings noch sehr gering.

Vor diesem Hintergrund spielt das *Baylab plastics*, ein neu konzipiertes Labor der Bayer Material Science AG in Leverkusen, eine richtungweisende Rolle. In diesem Labor stellen sich Schülerinnen und Schüler (14 Jahre und älter) der Aufgabe, in Teamarbeit das Design und die Herstellung eines Produkts zu übernehmen. Die Schüler entscheiden selbst, in welchem der fünf Teams (Technik, Forschung, Design, Kommunikation, Finanzen) sie mitarbeiten möchten. Die Teams bilden die verschiedenen Bereiche ab, die in einem Unternehmen hauptsächlich an der Entwicklung und Herstellung eines marktfähigen Produkts beteiligt sind. Die Jugendlichen führen den gesamten Prozess von der Idee bis zum Fertigteil selbst durch. Am Ende eines Tages gehen sie mit einem Produkt nach Hause, das sie selbst gestaltet und hergestellt haben, wie z.B. bunte Kunststoffbecher, das Gehäuse einer Computermaus oder Eierlöffel.

In einem realen Produktionsprozess, der unter möglichst geringer externer Führung abläuft, müssen die einzelnen Gruppen zielorientiert zusammenarbeiten. Das Designteam übernimmt die Konzeption des Produkts. Das Kommunikationsteam ist verantwortlich für die Organisation der Arbeitsabläufe. Das Finanzteam führt die Kalkulation der Produktkosten durch und untersucht Szenarien, wie sich Kosten senken und marktgerechte Preise erzielen lassen. Die Teams setzen Geräte und Werkzeuge ein, die dem Stand der Technik entsprechen, z.B. eine Spritzgießmaschine, deren Bedienung vom Technikteam erlernt werden muss oder eine Zugprüfeinrichtung und eine Reihe weiterer Prüfinstrumente, die vom Wissenschaftsteam zur Untersuchung der Materialqualität verwendet werden.

In einem interdisziplinären Wechselspiel verknüpft das Labor in Teamarbeit Kompetenzen aus Wissenschaft, Technologie, Industrie und Wirtschaft. Die Jugendlichen erleben, wie das in der Schule erworbene Fachwissen im Berufsleben zur Entfaltung kommt. Aufgrund seines innovativen Designs sowie seines aktivierenden, zu Engagement, Teamgeist und Kreativität anregenden pädagogischen Konzepts kann man es als ein Labor der zweiten Generation bezeichnen. Erfüllt das Labor diese anspruchsvollen Ziele und inwieweit wird es den hohen Erwartungen gerecht?

Bemerkenswerte Tiefeneffekte: Imageänderungen der Fächer

Die Rolle des Labors bei der Berufswahlentscheidung soll nicht weiter untersucht werden. Besonders bemerkenswert für den Unterricht sind die Rückwirkungen des Laborbesuchs auf die Beurteilung der Bedeutung sowie des Bildes der naturwissenschaftlichen Fächer. Exemplarisch werden dazu die Effekte beim Image von Physik vorgestellt, die über ein semantisches Differential erhoben wurden. Dabei werden Paare gegensätzlicher Eigenschaften vorgegeben, deren empfundene Nähe oder Ferne zum Fach auf einer Skala anzugeben ist. Nach dem Laborbesuch ergeben sich signifikante Änderungen bei solchen Attributen, die für Dynamik und Kreativität stehen (Abb. 6). Diese Effekte sind nach drei Monaten noch immer stabil vorhanden; die Wirkung des Besuchs verblasst nicht mit der Zeit.

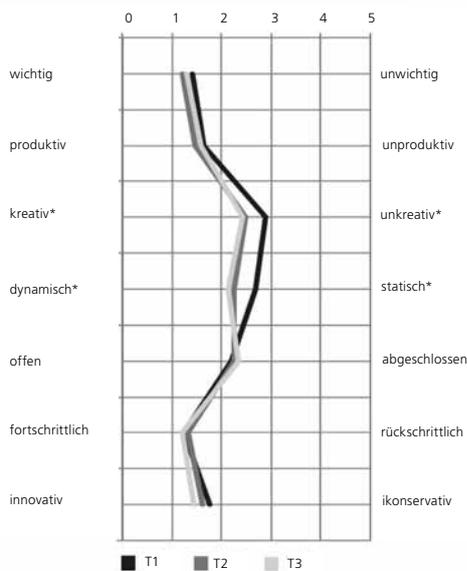


Abb. 6: Das Image von Physik und seine Veränderungen als Folge der Tätigkeit im Baylab plastics. Das Image wurde erhoben vor dem Laborbesuch (T1), unmittelbar danach (T2) sowie 12 Wochen später (T3). Statistisch signifikante Änderungen nach dem Laborbesuch sind mit * gekennzeichnet.

Diese Effekte treten auf, obwohl ein expliziter Bezug zu den Schulfächern im Labor nicht hergestellt wurde. Ebenso wenig ging es dabei um Wissensvermittlung curricularer Inhalte. Man muss demnach davon ausgehen, dass der gesamte Erfahrungskontext der Laboraktivitäten bei diesen zum Teil tiefgreifenden und nachhaltigen Einstellungsänderungen zusammenwirkt. Das Labor steuert damit klar dem wenig produktiven Bild naturwissenschaftlicher Fächer entgegen, das von negativen schulischen Erfahrungen geprägt ist.

Untersuchungen in der Schule haben gezeigt, dass das negative Image von Mathematik und den „harten“ Naturwissenschaften mit einer ungünstigen Interesse- und Leistungsentwicklung in diesen Fächern einhergeht. Unter Image werden hier die allgemein verbreiteten, zum Teil stereotypen Annahmen über die allgemeinen Charakteristika und die Besonderheiten eines Fachs verstanden. Schülerinnen und Schüler bevorzugen die Fächer, deren Image im Vergleich zu ihrem Selbstbild als ähnlich empfunden wird und lehnen folglich die Fächer ab, deren Image sich von ihrem Selbstbild unterscheidet. Dabei wurde festgestellt, dass die negativen Einstellungen der Schülerinnen und Schüler gegenüber einer Fachrichtung mit den impliziten Assoziationen zum jeweiligen Fach zusammenhängen. Physik wird beispielsweise mit den Attributen „schwierig“, „maskulin“ und „fremdbestimmt“ belegt [14]. Entsprechend beurteilen Jugendliche ihre Mitschüler mit guten Leistungen in Physik oder Mathematik als intelligenter und stärker arbeitsorientiert, sehen sie aber auch als weniger sozial eingebunden und als weniger kreativ.

Vor allem der von der Gleichaltrigengruppe wahrgenommene Mangel an Kreativität gibt zu denken. Er steht in eklatantem Gegensatz zum Selbstbild aktiver Wissenschaftler oder Ingenieure. Während Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten in Naturwissenschaften und Technik in einem hohen Maß von Neugier, Originalität und Kreativität der

Beteiligten geprägt sind, vermitteln die entsprechenden Schulfächer offenbar eher das gegenteilige Bild. Für dieses negative Image ist eine Vielzahl von Einflussgrößen bedeutsam. Neben den bereits erwähnten Faktoren wie Schwierigkeit und Fremdbestimmung ist sicher auch die Tatsache ausschlaggebend, dass der Unterricht durch Stofffülle geprägt ist und dass die Schüler eine Menge systematischen Wissens quasi auf Vorrat erlernen müssen.

Eines der noch immer bestehenden unterrichtsmethodischen Grundprobleme der Bildungstradition ist es, Wissen in einer Art Transmissionsmodell (oft im sogenannten fragend-entwickelnden Gespräch) zu vermitteln. Systematik und Faktenwissen („Wissen, dass“) stehen im Vordergrund; die Konstruktionsleistungen der Lernenden und der Erwerb handlungsrelevanten, prozeduralen Wissens („Lernen, wie“) treten dabei eher in den Hintergrund. Das so erworbene Wissen bleibt quasi träge und ist von der Erfahrung losgelöst. Es bestehen Probleme, das Wissen zu aktivieren und in Anwendungskontexten produktiv zu entfalten. Ganz offensichtlich mangelt es im Unterricht auch an Gelegenheiten, das Wissen abzurufen und seine Entfaltung im Rahmen selbstgesteuerter Lernprozesse zu fördern und zu fordern.

Demgegenüber bietet das Schülerlabor vielfältige Möglichkeiten für informelles und implizites Lernen. Die dabei erzielten Erfolgserlebnisse bei der Anwendung von Wissen und bei den Arbeitsweisen verändern nachhaltig das ursprünglich bestehende negative Image. Wie die enorme Resonanz der Schüler auf die Arbeit im Baylab plastics zeigt, hat eine Förderung handlungsbezogener Kompetenzen erstaunlich starke Einflüsse auf Motivation, Selbstvertrauen und das Selbstwirksamkeitsbild. Es ergeben sich darüber hinaus unerwartet starke positive Rückwirkungen auf die Sichtweisen der Schulfächer. Auch beim Fach Chemie gibt es vergleichbare Effekte, die allerdings etwas geringer als bei der Physik ausgeprägt sind. Die Laborteilnehmer gewinnen ein verändertes Bild von naturwissenschaftlicher Forschung, technologischer Entwicklung und produktiven Prozessen, das in einem starken Maß von Dynamik, Aktivität und Kreativität geprägt ist.

Plakativ lassen sich die Ergebnisse auf die Formel bringen: Die Herstellung eines Plastiklöffels verändert bei vielen Laborteilnehmern die Sichtweise der Physik – ein bemerkenswertes Resultat, das auf ein Grundproblem schulischer Wissensvermittlung verweist: Die Schülerinnen und Schüler haben zu wenig Gelegenheit zu erfahren, wozu sie das Wissen in der Schule erwerben.

Die Hefe im Teig: Schülerlabore als Katalysatoren kreativer Prozesse

Die Grundidee der Schülerlabore, dem erfahrungsbasierten Lernen ein größeres Gewicht einzuräumen, hat sich als höchst tragfähig erwiesen. Das nachlassende Interesse durch zu eng geführten, theorielastigen, wenig aktuellen und lebensweltfernen Unterricht war einer der Hauptgründe, die zur Etablierung von Schülerlaboren geführt haben.

Ihre Gründung ist auch eine Reaktion auf die Erfahrung, dass für alle Fächer des mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Bereichs die Wahrscheinlichkeit der Studienfachwahl sehr stark von der erfahrenen Unterrichtsqualität abhängig ist [15].

Insofern ist der Erfolg des Lernorts Labor ein deutliches Signal an die Bildungspolitik, dem erfahrungsbasierten Lernen und dem Erwerb lebensweltlich relevanter Kompetenzen künftig eine stärkere Aufmerksamkeit zu widmen. Schülerlabore als produktive Hefe im Teig der etablierten naturwissenschaftlich-technischen Bildung, als Katalysatoren von Innovationen außerhalb des etablierten und naturgemäß träge reagierenden schulischen Systems, werden daher unbedingt auch weiterhin benötigt. Selbst wenn man optimistisch ist und unterstellt, dass der Unterricht sich im nächsten Jahrzehnt in der erhofften Richtung erneuert, dass er Kompetenzen, aber auch Motivation und Kreativität besser fördert, - selbst dann verlieren außerschulische Labore keineswegs ihre Berechtigung. Sie stellen den Kontakt zur Vielfalt und komplexen Dynamik der Lebenswelt her.

Ziel sollte es künftig sein, inner- und außerschulische Bildungsangebote besser aufeinander abzustimmen und ein kohärentes System zu schaffen, in dem die jeweiligen Rollen geklärt sind. Dazu gehört es auch, die positiven Erfahrungen der Schülerlabor-Bewegung in den Unterricht rückzukoppeln und auf eine erneuerte Kultur des naturwissenschaftlichen und technischen Arbeitens in der Schulpraxis hinarbeiten. Die Herausforderung besteht darin, eine verbesserte Balance von theoriebezogenen, systematischen sowie problembezogenen, erfahrungsbasierten Zugängen in der Lehre herzustellen. Forschend zu lernen ist ein ebenso natürlicher wie authentischer Zugang zu Naturwissenschaften und Technik, der ein vielfältiges, offenes, herausforderndes, aber zugleich auch ein strukturiertes und unterstützendes Lernumfeld erfordert, eine Balance, die eine hohe fachliche und pädagogische Qualifikation der Lehrkräfte voraussetzt.

Kritisch in Bezug auf die Rollenklärung schulischer und außerschulischer Bildungsangebote ist anzumerken, dass es derzeit viele Maßnahmen vor allem im Bereich der frühen Förderung, der Grundschule und der Eingangsstufe weiterführender Schulen gibt, die unter dem Label „Schülerlabore“ außerschulisch angeboten werden. Diese experimentellen Aktivitäten könnten durchaus im Unterricht stattfinden und sie sollten das unbedingt auch. Insofern kann man den Ruf nach schulinternen Schülerlaboren und den Aufruf „Schülerlabore gehören in die Schule“ [16] nur unterstützen, denn das setzt voraus, dass sich die Schule entsprechend weiterentwickelt. Hier muss die Bildungspolitik verbesserte Randbedingungen für die Einbindung von aktivierenden Formen des Lehrens und Lernens und von Prinzipien des forschenden Lernens schaffen.

Der größte gesellschaftliche Bedarf für Schülerlabore besteht nach den bisherigen Erfahrungen an der Schnittstelle zwischen Schule und Beruf. Hier gelingt es durch Labore, kreative Potenziale zu aktivieren und engagierte Jugendliche auch außerhalb des engeren naturwissenschaftlichen und

technischen Bereichs zu fördern. Es ist zu hoffen, dass diese eindeutigen und nachhaltigen Ergebnisse deutliche Impulse für die Veränderung von Praxis geben. Wünschenswert sind weitere ähnlich konzipierte Initiativen in möglichst vielen Berufsfeldern, die auf die Zusammenarbeit engagierter, kompetenter und kreativer Köpfe angewiesen sind.

Literatur

- [1] U. Ringelband, M. Euler & M. Prenzel (Hrsg.) (2001). Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. IPN, Kiel
- [2] K. Engeln (2004). Schülerlabors: Authentische und aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften u. Technik zu wecken. Logos-Verlag, Berlin
- [3] A. Brandt (2005). Förderung von Interesse und Motivation durch außerschulische Experimentierlabors. Cuvillier Verlag, Göttingen
- [4] F. Scharfenberg (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchungen zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Univ. Bayreuth
- [5] P. Guderian (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte – Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Humboldt-Universität, Berlin
- [6] I. Glowinski (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Kiel
- [7] C. Pawek (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebung für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe, Kiel
- [8] S. Weßnigk. Dissertation, In Vorbereitung
- [9] M. Euler (2009). Schülerlabore. in: E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik – Theorie und Praxis, Springer, Heidelberg, Kapitel 25
- [10] A. Brandt, J. Möller & K. Kohse-Höinghaus (2008). Z. Pädagog. Psychol. 22(1), 5-12
- [11] C. Pawek (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebung für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe, Kiel
- [12] P.A. Kirschner, et al. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. Educational Psychologist, 41(2), 75-86
- [13] R.E. Mayer (2004). Should there be a three strike rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. American Psychologist, 59, 14-19
- [14] U. Kessels, M. Rau & B. Hannover (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. British Journal of Educational Psychology, 76, 761-780
- [15] C. Heine, J. Egel, C. Kerst, E. Müller, S. Park (2006). Bestimmungsgünde für die Wahl von ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 4-2006, Hrsg. BMBF, ISSN 1613-4338
- [16] A. Wasmann-Frahm (2008). Plädoyer für ein schulinternes Schülerlabor. Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU), 61/1, 44-46

Yellow Bird

Arnulf Schiller, Walter Simon, Robert Supper

Was ist das?

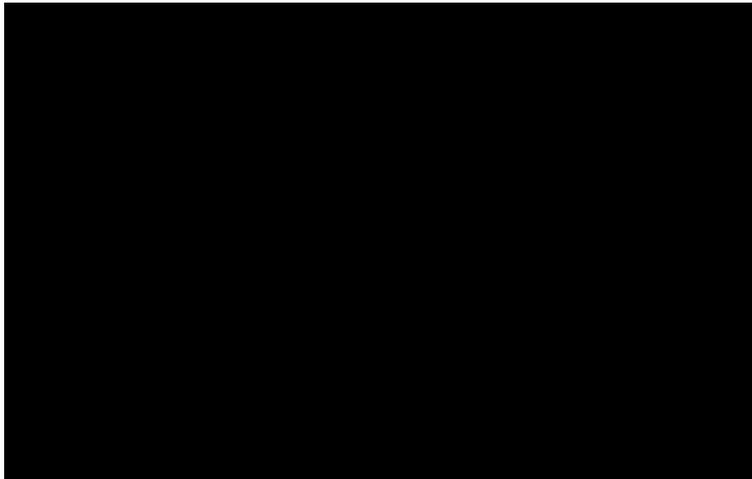


Abb. 1: Was ist das?

Es ist gelb, etwa fünf Meter lang und hängt an einem Heeres-hubschrauber. Ein Torpedo des legendären „yellow submarine“? Eine Geheimwaffe des Bundesheeres? Weder noch - es handelt sich um „Hubschrauber-Elektromagnetik“ (HEM; bzw. „airborne electromagnetics“, AEM), ein etabliertes geophysikalisches Messverfahren, und das gelbe Ding heißt im österreichischen Fachjargon: „Der Bird“ (Abb. 2). Es enthält eine Sende- und Empfangsanlage für elektromagnetische Wellen, ein Magnetometer und andere Sensoren.

Das System gehört der Geologischen Bundesanstalt (GBA) in Wien. Für Messungen auf österreichischem Bundesgebiet wird der Hubschrauber vom Bundesheer zur Verfügung gestellt.

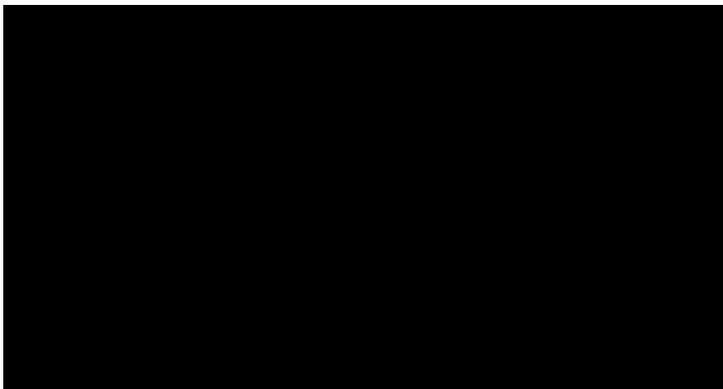


Abb. 2: „Der Bird“

Dr. Arnulf Schiller, Mag. Robert Supper, Geologische Bundesanstalt Geological Survey of Austria, Fachabteilung Geophysik, Department of Geophysics, Neulinggasse 38, 1030 Wien
PD Dr. Walter Simon, Gravitationsphysik, Universität Wien, Boltzmann-gasse 5, 1090 Wien, E-Mail: walter.simon@univie.ac.at

Während eines Messeinsatzes wird ein Außenlandeplatz mit Tankwagen und Servicefahrzeug eingerichtet – oft auf irgendeiner Wiese hinter einem Bauernhof in der Nähe des zu vermessenden Gebietes – von Anrainern vielbestaunt.

Dann wird das Messgebiet entlang von Linien in regelmäßigen Abständen befliegen, wobei elektromagnetische Wellen in den Untergrund abgestrahlt und die Veränderung des Sekundärfeldes aufgezeichnet werden. Durch Umrechnung dieser Veränderungen in die Verteilung der elektrischen Leitwerte und der magnetischen Permeabilität des Bodens können Aussagen über die Geologie und Hydrogeologie bis in Tiefen von ca. 150 Metern gemacht werden. Auf diese Weise können in kurzer Zeit große und oft schwierig zugängliche Gebiete „gescannt“ werden (mit einer Tagesleistung von bis zu 500 km). Insgesamt wurden von der GBA im In- und Ausland schon mehr als 120 000 Messkilometer geflogen, so z.B. auch über Vulcano/Gran Cratere in Süditalien oder über dem Vesuv zur Untersuchung von Vulkanaktivitäten sowie in Yucatan/Mexiko zur Vermessung von Süßwasserreservoir im Karst (siehe Kapitel 5).

Das Prinzip

Das Grundprinzip der in der Geophysik benutzten aktiven elektromagnetischen Verfahren besteht im Aussenden eines Feldes mittels einer Antenne und der Registrierung und Auswertung des vom Boden reflektierten oder des im Boden induzierten Feldes. Je nach Anwendung kommen dabei sehr unterschiedliche Frequenzen (zwischen 100 Hz und 500 MHz) zum Einsatz. Beispiel für ein hochfrequentes Verfahren ist etwa das „ground penetrating radar“ (GPR, auch „Georadar“ genannt) - ein Radar, das in den Boden anstatt in den Luftraum „sieht“. Weiters gibt es eine Reihe von EM-Messgeräten mit mittlerer Arbeitsfrequenz (kHz-Bereich), die am Boden zum Einsatz kommen – im Prinzip ähnlich den Metalldetektoren. Wenn diese Apparaturen „in die Luft gehen“ und mit modernen Datenverarbeitungsverfahren kombiniert werden, gelangt man schließlich zur HEM (oder AEM). Einen Überblick bietet die folgende Tabelle:

| Name | GPR | HEM |
|----------------------|--|---|
| Frequenzen | 10 MHz - 500 MHz | 100 Hz - 100 kHz |
| Antennen-größen | cm - m | dm - m |
| Wellenlängen | cm | km |
| Eindringtiefe | 10 m | 100 m |
| typische Anwendungen | Baugrunduntersuchungen Blindgängersuche Umwelt-Altlasten | Bodenschätze Grundwasser (Kapitel 5) Eisdickenmessung (Kapitel 4) |

Beim GPR, das oft mit einem Schlitten über den Boden oder über Eisflächen bewegt wird, handelt es sich um eine Sender/Empfängerkombination, dessen ausgesandte Wellen von den Bodenstrukturen teilweise reflektiert werden (Abb. 3).

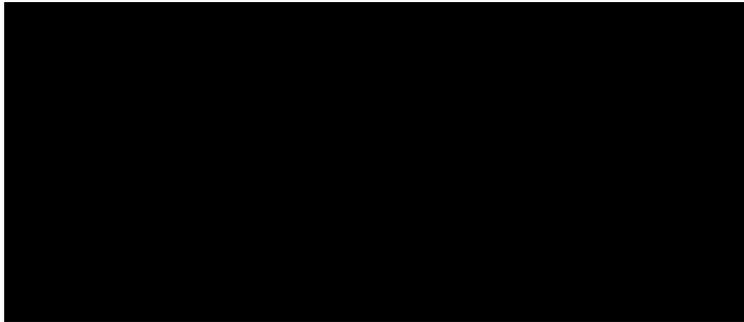


Abb. 3: Das Georadar (EPR)

Die Entfernungen Sender-Objekt-Empfänger sind dabei typischerweise deutlich größer als die verwendeten Wellenlängen. Das Objekt befindet sich daher in der „Fernzone“ (Begriff aus der Wellentheorie). Anders ist es bei der HEM (Abb. 4).

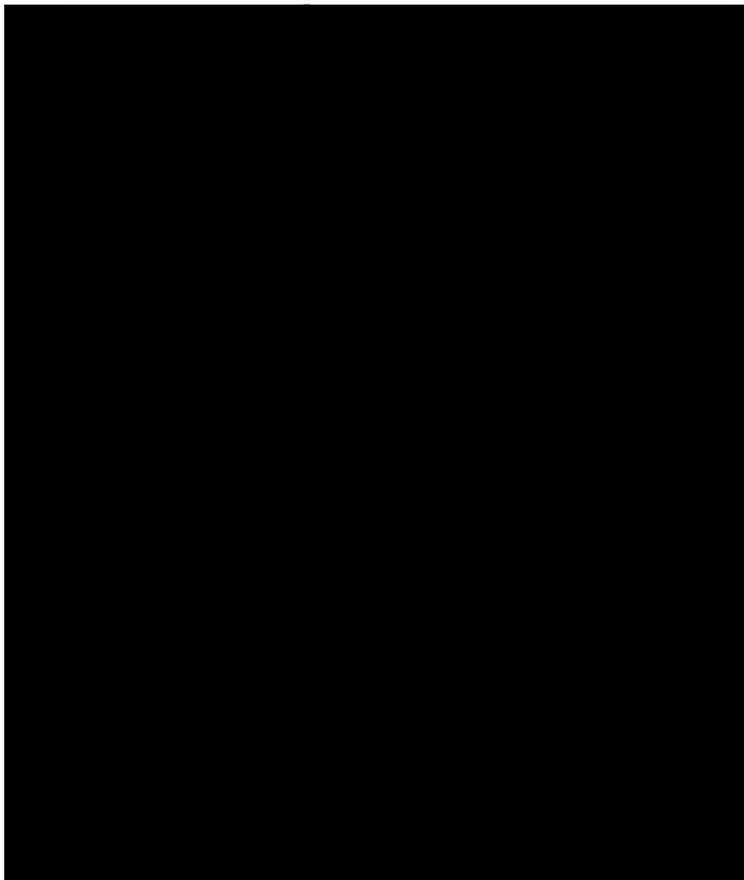


Abb. 4: Die HEM

Trotz der „Höhenlage“ bewegt sich der Bird typischerweise in einer Entfernung vom Zielobjekt die kleiner als die verwendete Wellenlänge ist (Wellenlängen bis 1000 km in Luft!). Der zu untersuchende Untergrund ist also in der „Nahzone“ der Strahlungsquelle (des Senderschwingkreises). Dieser induziert im Boden Wirbelströme und daher Magnetfelder, die im Wesentlichen von der Leitfähigkeit und der

Induktivität (Permeabilität) des Materials abhängen und die im Empfängerschwingkreis ein Signal auslösen.

So wäre die HEM bei der Suche nach im Polareis (nicht magnetisierbar, Nichtleiter) eingeschlossenen Eisenmeteoriten (magnetisierbar, gute Leiter) besonders effizient (obwohl den Autoren diesbezüglich keine Erfolgsmeldungen bekannt sind). In den meisten geologischen Anwendungen dominieren allerdings die Effekte der elektrischen Leitfähigkeitsunterschiede gegenüber Magnetisierungseffekten (siehe Kapitel 4 und 5).

Die Theorie

Ein vereinfachtes Modell für die schon erwähnten Schwingkreise des Bird besteht aus einer Sendespule S , die vom Wechselstrom

$$I_S = I_0 \exp(i\omega t) \quad (1)$$

durchflossen wird, sowie einer Empfangsspule E . Hier ist I_0 die Amplitude des Stromes und ω die Kreisfrequenz. (Die in Hertz gemessene Frequenz ist $f = \omega / 2\pi$).

Die durch S im Boden induzierten Wirbelströme werden durch einen Stromkreis modelliert, der aus einem Ohm'schen Widerstand R und einem induktiven Widerstand $i\omega L$ besteht. Im Boden stellt man sich also eine weitere Spule B mit der Selbstinduktivität L vor (Abb. 4). Der komplexe Gesamtwiderstand ist demnach

$$R_B = R + i\omega L \quad (2)$$

Die folgende Ableitung kommt mit drei Grundgesetzen aus (Ohm, Faraday und Maxwell). Da die Induktionsgesetze wegen der drei beteiligten Spulen allerdings in dreifacher Ausführung erscheinen und am Schluss alles algebraisch kombiniert wird, ist etwas Schreib- bzw. Lesearbeit zu leisten.

Um die Apparatur zu eichen, fliegt man zuerst so hoch, dass Bodeneffekte vernachlässigbar sind. Der Strom I_S in S erzeugt ein zur Stromstärke proportionales magnetisches Wechselfeld, das wiederum in E einen magnetischen Fluss

$$U_{E,0} = -\frac{d\Phi_{E,0}}{dt} = -i\omega L_E^S I_S \quad (3)$$

bewirkt. Die Proportionalitätskonstante L_E^S , die sogenannte „Gegeninduktivität“, hängt von der Geometrie, d.h. von den Größen der Spulen und ihrer gegenseitigen Lage ab. Nach dem Induktionsgesetz induziert nun dieser magnetische Fluss in E die Spannung

$$U_{E,0} = -\frac{d\Phi_{E,0}}{dt} = -i\omega L_E^S I_S \quad (4)$$

Nun sinkt der Hubschrauber auf Messhöhe. Die Wechselwirkung der „Bodenspule“ B mit E und S beschreiben nun die gleichen Formeln wie oben, mit den entsprechenden Indices: In B wirkt der vom Senderfeld in S hervorgerufene magnetische Fluss

$$\Phi_B = L_B^S I_S \quad (5)$$

wobei die Gegeninduktivität L_B^S jetzt außer von S noch von der Flughöhe abhängt. Der Fluss Φ_B induziert in B die Spannung

$$U_B = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -i\omega L_B^S I_S \quad (6)$$

die ebendort einen Strom

$$I_B = \frac{U_B}{R_B} = -i\omega \frac{L_B^S I_S}{R + i\omega L} \quad (7)$$

zur Folge hat. Dieser Strom bewirkt nun in E einen zu $\Phi_{E,0}$ zusätzlichen Fluss

$$\Phi_{E,+} = L_E^B I_B, \quad (8)$$

wobei diesmal ein Gegeninduktivitätsfaktor L_E^B auftritt. Dadurch bekommen wir schließlich in E eine zu $U_{E,0}$ zusätzliche Spannung der Größe

$$U_{E,+} = -\frac{d\Phi_{E,+}}{dt} = \omega^2 \frac{L_B^S L_E^B I_S}{R + i\omega L} \quad (9)$$

Die entscheidende Messgröße ist nun das Verhältnis der Spannungen (4) und (9), das sich mit den oben eingeführten Größen folgendermaßen darstellt:

$$\frac{U_{E,+}}{U_{E,0}} = -i\omega \frac{L_B^S L_E^B}{L_E^S (R + i\omega L)}. \quad (10)$$

Diese Formel lässt sich einfacher schreiben mittels der Definition

$$\Gamma = -\frac{L_B^S L_E^B}{L L_E^S} \quad (11)$$

und des sogenannten Responseparameters

$$Q = \omega L/R \quad (12)$$

Man erhält schließlich:

$$\begin{aligned} \frac{U_{E,+}}{U_{E,0}} &= \frac{\Gamma Q(Q+i)}{1+Q^2} = \\ &= \frac{\Gamma Q}{\sqrt{1+Q^2}} \exp\left(i \arctan \frac{1}{Q}\right) \end{aligned} \quad (13)$$

Es ergibt sich also sowohl eine Amplitudenänderung der Spannung, als auch eine Phasenverschiebung von $\arctan(1/Q)$. Letztere hängt in diesem Modell also nur vom Responseparameter und damit vom Produkt der elektrischen Leitfähigkeit und Induktivität bzw. der Permeabilität des Bodenmaterials ab; sie kann maximal $\pi/2$ erreichen.

Ein gut leitender und ausreichend großer Meteorit würde so eine sehr schöne Anomalie im Messsignal erzeugen (Abb. 4). Leitende großflächige Sedimente (z.B. Tonschichten)

wären dagegen durch viele kleine Leiterschleifen (Wirbelströme) zu modellieren und zeigen sich im Signal durch eine gering schwankende Phasenverschiebung und eine Sekundärfeldamplitude, deren Werte von der Leitfähigkeit, aber auch von Tiefe und Dicke der Schichten abhängen.

Eisdickenmessung

Aus den oben beschriebenen Tatsachen wird nun eine besonders aktuelle Anwendung der Geoelektrik verständlich, nämlich die Eisdickenmessung in (ant-)arktischen Gewässern (Abb. 4). Sie wurde am Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung entwickelt [1]. Auf dem Hubschrauber befindet sich dabei außer dem Bird mit den Spulen noch ein Laser, der die Eisoberfläche abtastet. Da die kurzwelligen Laserimpulse (Wellenlänge ca. 600 nm) praktisch nicht in das Eis eindringen, lässt sich aus der Messung der Laufzeit des reflektierten Lasersignals die aktuelle Flughöhe genau bestimmen (Messgenauigkeit etwa 1 cm). Andererseits werden die langwelligen Signale (Wellenlänge im Kilometerbereich) durch das Eis (geringer Salzgehalt, geringe elektrische Leitfähigkeit, kaum Wirbelströme) kaum beeinflusst, während die im darunterliegenden Salzwasser (Leitfähigkeit 100 bis 1000 mal höher als Eis) induzierten Wirbelströme bzw. deren Magnetfelder registriert werden. Diese Methode konnte in den letzten Jahren mittels moderner Signalanalyse so weit entwickelt werden, dass Eisschichten von Dicken im Meterbereich auf wenige Zentimeter genau vermessen werden können. Die Ergebnisse sind umso genauer, je genauer der Salzgehalt von Eis und Wasser bekannt ist, und die Wassertemperatur spielt ebenfalls eine Rolle. Im Vergleich zu „direkten“ Messmethoden (am Eis ausgesetzte Opfer bewegen ein Georadargerät oder bohren Löcher und versenken Messlatten...) lassen sich natürlich per HEM große Eisflächen bequem und schnell erfassen. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Massenreduktion der Eisflächen in polnahen Regionen zu messen, auf die früher nur indirekt (durch das Verschwinden des Eises in polferneren Gebieten) geschlossen werden konnte. Auf die gleiche Weise kann übrigens auch der Salzgehalt von eisfreiem Brackwasser bestimmt werden.

Die im nächsten Kapitel beschriebene Anwendung beruht auf dem Leitfähigkeitsunterschied zwischen Süßwasser und Kalk.

Die „Quellen des Himmels“

Teile der Halbinsel Yucatan (Mexiko) bestehen aus ebenem, von einförmigem Urwald bedecktem Karstterrain der Küstenebene. Dort befindet sich auch das UNESCO-Weltnaturerbe Sian Kaan (Maya-Bezeichnung für „die Quellen des Himmels“), ein einzigartiges Küsten-, Mangroven- und Lagunen-Ökosystem mit einer Vielfalt an Tier- und Pflanzenarten. Charakteristisch für diesen Küstenbereich sind ausgedehnte unterirdische Karst-Höhlensysteme, die den Maya bzw. der jetzigen Bevölkerung angesichts nicht vorhandener natürlicher Oberflächengewässer als wichtiges

Reservoir für sauberes Trinkwasser dien(t)en – die Sichtweite in den Unterwasserhöhlen beträgt bis zu 250 Meter! Touristische Expansionspläne gefährden nun dieses Wasser wie auch die Natur Sian Kaans, wenn nicht fundierte hydrogeologische Daten und Argumente die Planung kontrollierend begleiten.

Im Rahmen eines internationalen Projektes (Österreich, Mexiko, Dänemark, Deutschland, Schweiz, Slowenien) unter Leitung der Geologischen Bundesanstalt und mit Unterstützung des FWF (Projekt L 524-N10) werden dort, nahe den berühmten Mayaruinen von Tulum, seit 2008 völlig neue Ansätze zur Datenerhebung für eine Grundwasserstudie erprobt. Der Anteil der geologischen Bundesanstalt daran: Hubschrauber-Messdaten sollen erstmals in hydrogeologische Parameter umgerechnet werden. Das erfordert eine sorgfältige Kalibrierung, weshalb Bohrloch- und Bodenmessdaten genau mit den Flugdaten abgestimmt werden müssen.

Ein erster großer Erfolg kann schon verzeichnet werden: Die bisherigen Flüge ergaben eine klare Korrelation der Flugmessdaten mit bekannten unterirdischen Flusssystemen und viele noch unbekannte scheinen in den Daten sichtbar zu werden.

Dadurch konnte bewiesen werden, dass die HEM-Methode zwischen relativ wenig wasserhaltigem massivem Kalk und wasserführenden Höhlen- und Kluftsystemen problemlos unterscheiden kann – und eine wichtige Information für die Erstellung eines hydrologischen Modells liefert. Das gibt zur Hoffnung Anlass, dass mit Hilfe der HEM große und schwer zugängliche Gebiete hydrogeologisch einfach vom Hubschrauber aus vermessen werden können – und das nicht nur im mexikanischen Urwald, sondern z. B. auch im Mittelmeerraum – ein Thema von zunehmender Bedeutung.

Technische Aspekte und weitere Entwicklungen

Der österreichische Bird wird ständig weiterentwickelt. Aktuell wird in einem vom Österreichischen Wissenschaftsfond geforderten Projekt (FWF-Projekt L354-N10) unter Leitung eines der Autoren (A. Schiller) das Driftverhalten und Rauschen des Messsystems selbst genauer untersucht.

Wie bei jedem Messsystem, so überlagern sich auch hier Störungen dem Messsignal. Kleine Werte des Nutzsignals können so unerkant bleiben oder Störungen irrtümlich als geologisch verursacht interpretiert werden. Die Studie soll die Ursachen für Drift und Rauschen identifizieren und Methoden entwickeln, mit denen diese Störungen reduziert werden können.

Eine wesentliche Quelle für die Drift ist die Temperaturempfindlichkeit der Sender- und Empfängerschwingkreise. In den Senderschwingkreis speist ein Verstärker Wechselstrom einer bestimmten Arbeitsfrequenz ein, wobei die

größte Sendeleistung erzielt wird, wenn die Schwingkreisresonanzfrequenz und die Verstärkerfrequenz übereinstimmen. Nun sind aber sowohl Induktivität als auch Kapazität des Senderschwingkreises temperaturabhängig. Bei Temperaturänderungen, die durch die Eigenwärmeproduktion der Senderspulen und der Leistungswiderstände, aber auch durch Änderung der Umgebungstemperatur verursacht werden, „driftet“ die Resonanzfrequenz, d.h. sie weicht von der Arbeitsfrequenz des Verstärkers ab. Der Frequenzunterschied ist zwar gering, allerdings ändern sich die frequenzabhängigen Größen, nämlich Betrag des Komplexwiderstandes und Phasenwinkel, im Bereich der Resonanzfrequenz am stärksten. Die Folge ist eine nicht vernachlässigbare Temperaturabhängigkeit der Senderfeldstärke, was durch stationäre Messungen am Boden bestätigt wird.

Auf ähnliche Weise variiert auch die Empfindlichkeit des Empfängers mit der Temperatur. Da sich auch räumlich langsam ändernde Strukturen im Untergrund wie z.B. Sedimente durch langsame Änderung von Amplitude und Phase im Messsignal abzeichnen, kann eine Temperaturdrift z.B. als Änderung einer Sedimentmächtigkeit fehl interpretiert werden. Als Konsequenz der bisherigen Ergebnisse des Forschungsprojektes werden nun für ein HEM-System weltweit erstmalig die Temperaturen vieler kritischer Systemkomponenten im Flug mit aufgezeichnet, und es wird über ein numerisches Modell die Temperaturdrift des Messsystems berechnet.

Nach Reduktion der Temperaturdrift, aber auch anderer Drift- und Rauschkomponenten erhält man ein verbessertes Bild der geologischen Situation eines untersuchten Gebietes. Mit diesen und weiteren Untersuchungen hofft man, die Leistung des Bird immer weiter zu verbessern und mit ihm neue Aufgabenbereiche in Geo- und Umweltwissenschaften oder Ingenieurgeophysik zu erschließen.

Literatur

- [1] A. Pfaffling, C. Haas, J. E. Reid, Geophysics, Vol. 72, No. 4, F127-F137 (2007)

CERN-Impressionen

Maximilian Ruetp

Etwas müde, doch voller Erwartungen und Vorfreude betrete ich um ca. neun Uhr früh das Gebäude 33, die Rezeption, auf dem CERN-Gelände in Meyrin, sehr nahe der französisch-schweizerischen Grenze. Es ist ein Wahnsinnsgefühl.

Ich werfe noch einen Blick zurück. Draußen sieht man den *Globe*, die riesige Holzkugel, die man schon von weitem erkennen kann. Sie wird gerade renoviert, bekommt einen neuen Anstrich. Vor dem *Globe* steht ein blaues, 15 m langes Rohr mit zwei schwarzen, fassähnlichen Kappen am Ende. In weißen Lettern steht darauf geschrieben: „*Cern Aimant Dipole Supraconducteur LHC*“. Es handelt sich um einen der 1232 supraleitenden Dipolmagnete, deren Aufgabe es ist, den Teilchenstrahl des Large *Hadron Colliders* auf seiner kreisförmigen, fast 27 km langen Bahn 100 Meter unterhalb des Erdbodens zu halten.

Ich kann es immer noch nicht fassen. Ich befinde mich auf dem Gelände der *europäischen Organisation für Kernforschung*, dort wo die größte Maschine der Welt überwacht,

gesteuert, repariert, überprüft, getestet und schließlich in Betrieb genommen wird. Wo sich 1800 Physiker aus aller Welt Antworten auf ihre Fragen erhoffen. Und ich mitten drin.

Die Dame an der Rezeption ruft Herrn DI Dr. Michael Hoch für uns an. Er wird uns heute eine Zeit lang begleiten, uns das „Hauptquartier“ in Meyrin zeigen und Wissenswertes über das gesamte Projekt erläutern. Nach wenigen Minuten des Wartens erscheint ein braun gebrannter Physiker in der kleinen Halle der Rezeption, der Anfang der Führung.

Der *LHC* ist ein Teilchenbeschleuniger. DER Teilchenbeschleuniger! Der größte, und leistungsstärkste Teilchenbeschleuniger der Welt.

Aber wozu braucht man bitte einen Teilchenbeschleuniger? Was kann man damit machen?

Die Antwort: Verstehen. Lernen. Begreifen. Entwickeln. Entdecken.

Mit einem Teilchenbeschleuniger bekommt man einen Einblick in die Geheimnisse des Universums. Aber warum bekommt man einen Einblick, indem man Teilchen, die man sowieso schon kennt zusammenprallen lässt?

Weil bei der Kollision neue Teilchen entstehen! Diese Tatsache ist in Einsteins Formel der speziellen Relativitätstheorie $E=mc^2$ festgelegt. Sie besagt, dass Masse und Energie äquivalent sind, dass man Masse in Energie umwandeln kann, und Energie in Masse. Genau das geschieht am *LHC*. Ein Teil der kinetischen Energie der Teilchen (Bewegungsenergie) wird beim Zusammenprall in neue Materie umgewandelt. Dieser Prozess findet bei allen Teilchenbeschleunigern statt und ist nichts Neues, aber die verfügbare Energie, die in Masse umgewandelt werden kann, war noch nie so groß wie beim *LHC*. In den zwei unterirdischen Röhren werden Teilchenpakete auf 99,999999% der Lichtgeschwindigkeit (299 792 km/s) beschleunigt. Die umkreisenden Protonen erreichen dabei eine Energie von 14 Tera-Elektronenvolt (TeV), die Bleitionen (Schwerionen, Bleikerne) erreichen sogar eine Energie von 1146 TeV. (Zum Vergleich: 1 TeV entspricht ungefähr der Bewegungsenergie eine Mücke.)

Mit Einsteins Formel wurden schon viele Teilchen auf diese Weise gefunden, doch das Standardmodell prognostiziert ein Teilchen, das zuvor noch von keinem Detektor aufgezeichnet wurde: das Higgs-Boson. Es soll der Ursprung der Masse sein. Wissenschaftler aus aller Welt fiebern der Entdeckung dieses Teilchen am Large *Hadron Collider* entgegen. Doch der Weg, bis die Teilchen zu Paketen zusammengeballt, fast bis zur Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und zusammengeprallt sind, und die Ergebnisse ausgewertet werden, ist aufwendig, lange und voller neuester Technologie.

Von der Quelle zur Kollision

Der erste Schritt ist die Gewinnung von Protonen. Dies erfolgt direkt am Startpunkt des Vorbeschleunigers *Linac 2*. Als Grundlage für die Protonen dient Wasserstoffgas. Wenn man von einem Wasserstoffatom das Elektron mittels elektrischer Spannung entfernt, bleibt nur noch ein Proton übrig, das dann den *Linac 2* durchläuft und beschleunigt wird. Die Beschleunigung der positiv geladenen Protonen erfolgt durch ein starkes Magnetfeld, das genau im richtigen Zeitpunkt eingeschaltet wird. Es stößt die positiv geladenen Protonen von sich weg. Um ein Proton durch das Magnetfeld in die richtige Richtung zu beschleunigen, müssen die Magnetfelder mit ständig neuen Frequenzen ein- und ausgeschaltet werden. Alleine das ist eine technische Meisterleistung, denn mit der Höchstgeschwindigkeit durchläuft ein Proton den 26,659 km langen LHC-Ring ca. 11245 mal pro Sekunde!

Nachdem die Protonen den *Linac 2*, den *Booster* und den *PS (Proton Synchrotron)* hinter sich gelassen haben, machen sie eine kurze Pause im *SPS (Super Proton Synchrotron)*. In diesem Vorbeschleuniger müssen die Protonen warten, bis sie zu Pakete „verschnürt“ werden. Insgesamt durchlaufen nach diesem Prozess fast 6 000 Teilchenpakete den *LHC*, mit je ungefähr 100 Milliarden Teilchen. Diese Teilchenpakete teilen sich auf zwei Strahlen auf, die in entgegen ge-

setzten Richtungen den Ring durchlaufen und schließlich an 4 Stellen kollidieren, **den Experimenten**.

Durch die hohe Endgeschwindigkeit kreuzen sich die Teilchenstrahlen etwa 30 Millionen mal pro Sekunde. Trotzdem ist eine Kollision sehr unwahrscheinlich, denn die Protonen sind sehr klein. So kommt es bei einem Aufeinandertreffen von 2 Paketen (200 Milliarden Teilchen) nur zu 20 Kollisionen. Im gesamten *LHC* kommt es so zu „nur“ 600 Millionen Kollisionen pro Sekunde.

Die Detektoren

Die Auffindung und die Zuordnung der neuen Teilchen ist eine schwierige Aufgabe. Extra hierfür wurden die Detektoren entwickelt. Diese sind riesige Apparaturen, deren Entwicklung mehrere Jahre in Anspruch genommen hat. Sie haben das Ziel, unsere fundamentalen Fragen zu beantworten, wobei jeder der 4 großen Detektoren auf einen eigenen Teilbereich spezialisiert ist, um möglichst vielen Geheimnissen des Universums auf die Spur zu kommen.

Diese Experimente heißen:

Alice – A Large Ion Collider Experiment

Der Detektor *Alice* hat eine Länge von knapp 26 Metern, ist 16 Meter breit, hat ein Gewicht von 10000 Tonnen, und befindet sich in St Genis-Pouilly, Frankreich. Die Hauptaufgabe besteht darin, die Materie kurz nach dem Urknall zu erzeugen. Zu diesem Zeitpunkt war das Universum sehr dicht und heiß, ein sogenanntes Quark-Gluon-Plasma. Diese Situation möchte man nachstellen. Durch die Kollision von Bleikernen möchte man dieses Plasma kurzzeitig erzeugen. Dabei entstehen Temperaturen 100 000 mal heißer als im Inneren der Sonne!

LHCb-Large Hadron Collider beauty

LHCb ist 21 Meter lang, 10 Meter hoch, 13 Meter breit, und hat ein Gewicht von 5 600 Tonnen. Der Detektor befindet sich in Ferney-Voltaire, Frankreich. Er geht dem Geheimnis auf die Spur, warum das Universum hauptsächlich aus Materie entsteht. Wo ist also die Antimaterie hin? Beim Urknall müsste eigentlich genau soviel Materie wie Antimaterie entstanden sein, die sich dann gegenseitig auslöschen hätte müssen. Um eine Antwort auf diese Frage zu erhalten untersucht *LHCb* die beauty- oder b-quarks.

ATLAS-A Toroidal LHC Apparatus

Atlas ist mit seinen 46 Metern Länge, 25 Metern Breite, und 25 Metern Höhe der größte Teilchendetektor der jemals gebaut wurde. Er ist halb so groß wie die Notre-Dame de Paris, und wiegt „nur“ 7.000 Tonnen. Atlas macht sich auf die Suche nach dem Higgs-Boson, Teilchen, aus denen Dunkle Materie besteht, und neuen Dimensionen. Trotz der Unterschiede zu *CMS*, wie etwa dem anders geformten Magnetfeld, gehen die beiden teilweise denselben Fragen nach und können so ihre Ergebnisse gegenseitig überprüfen.

CMS-Compact Muon Solenoid

Nach diesem sehr interessanten Überblick über die Physik am *LHC* und die Funktionsweise des Beschleunigers im Allgemeinen, zeigt uns Herr DI Dr. Hoch den ersten der beiden Kontrollräume des wohl wichtigsten Experiments für Österreich. Der Kontrollraum des *CMS* in Meyrin. An diesem Detektor ist das *Institut für Hochenergiephysik (Hephy)* in Wien beteiligt und trägt einen entscheidenden Beitrag zu den verschiedenen Detektorschichten bei.

Wenn man mit der Karte des *LHCs* vergleicht (das Hauptgelände in Meyrin ist das untere mit den Vorbeschleunigern), dann erkennt man, dass der Detektor am weitesten vom Hauptgelände entfernt ist. Genau am anderen Ende des Beschleunigers. Deshalb hat er zwei Kontrollräume. Einer befindet sich auf dem Gelände in Meyrin. Dieser Kontrollraum befindet sich in unmittelbarer Nähe zum *Linac 2*. Er ist in direkter Verbindung mit dem zweiten Kontrollraum und vielen anderen Einrichtungen.

Natürlich ist diese Steuerzentrale ausgestattet mit der neuesten Technologie. Auf den Bildschirmen sah man einen Querschnitt durch den Detektor, alle paar Sekunden flitzte ein Teilchen durch und wurde von den einzelnen Bestandteilen erkannt. Ein Testdurchlauf mit kosmischen Myonen, was sehr praktisch ist, denn so kann man vor einer Kollision des *LHCs* herausfinden, ob alles so funktioniert, wie es soll, und muss dann nicht ewig warten, bis man eine Reparatur vornehmen kann, denn wenn der *LHC* erst einmal in Betrieb ist, kann kein Experiment sagen, dass man den Teilchenstrom umleiten möge, das ist unmöglich. Deshalb muss alles getestet werden, damit man während eines Durchlaufes keine bösen Überraschungen erlebt.

Der zweite Kontrollraum befindet sich ca. 20 Autominuten von Meyrin entfernt am *Point 5* in Cessy/Frankreich 100 Meter direkt über dem Detektor. Gemeinsam mit Herrn DI Dr. Hoch fahren wir dort hin, wo er uns an seinen Kollegen Herrn Doz. Dr. Manfred Jeitler übergibt. Dieser

Kontrollraum hier ist mindestens genauso interessant wie der in Meyrin, denn hier ist mehr los. Es gibt mehr Computer, mehr Elektronik und natürlich einen Stahlkoloss in der Nähe, und genau zu diesem Stahlkoloss fahren wir in einem Lift hinunter. 100 Meter! Doch leider ist die Halle, in der der Detektor steht, nicht mehr zugänglich. Der riesige Solenoid-Magnet ist eingeschaltet, und auch der Tunnel, in dem die Teilchenpakete herum rasen, ist nicht mehr offen. Die Magnete werden bereits mit flüssigem Helium gekühlt, und der Zugang ist nur speziell Berechtigten gestattet.

Dafür bekommen wir einen Raum voller Computer zu Gesicht. Er ist durch eine dicke Wand vom Detektor getrennt, damit das Magnetfeld die Leistung nicht beeinträchtigt. Es gibt auch einen guten Grund, warum die Computer hier 100 Meter unter der Erde stehen, denn man möchte die Kabel möglichst kurz halten. Kabel verursachen möglicherweise Fehler in den gesendeten Daten, darum werden die ausgewerteten Informationen mit Licht und Glasfaserkabeln nach Meyrin geschickt.

CMS – Der Aufbau

Der Detektor ist etwa 21 Meter lang und hat einen Durchmesser von ca. 15 Metern. Er wiegt 12 500 Tonnen. Der Name beschreibt die drei wichtigsten Eigenschaften des Experiments.

1. *Compact*: der Detektor wiegt etwas mehr als der Eiffelturm, hat aber verhältnismäßig kleine Ausmaße.
2. *Muon*: das Myon ist ein Elementarteilchen, vergleichbar mit einem Elektron, aber 200 mal schwerer. Muon weist darauf hin, dass die Myonenkammern einen wichtigen Beitrag zum Trigger liefern.
3. *Solenoid*: weist auf die stärkste und größte supraleitende Magnetspule der Welt hin.

Die Kreise bzw. die Kreisausschnitte auf der linken Seite der Abbildung zeigen die Silizium-Tracker, die Spurdetektoren. Es gibt zwei Arten von Spurdetektoren: Pixel- und Streifen-

detektoren. Ihre Aufgabe ist es, herauszufinden, wohin die entstandenen Teilchen geflogen sind, doch das ist nicht alles. Durch die Krümmung ihrer Bahn kann man Rückschlüsse ziehen, welche Ladung und welchen Impuls (Impuls = Masse mal Geschwindigkeit) das Teilchen hatte. Die Spurdetektoren, besonders die Streifendetektoren, gehören zu den Aufgaben des Hefhy in Wien.

Funktionsweise eines Streifendetektors

Der Tracker besteht aus einer Silizium-Platte, in die feine Streifen geätzt wurden. Diese Streifen funktionieren wie Dioden. Wenn ein Teilchen durch einen Streifen hindurch fliegt, gibt es auf einmal einen Ladungsträger und es fließt Strom. Dieses Signal wird von einem Computer erfasst und gespeichert. So kann man feststellen, wo sich das Teilchen befand und welche Flugbahn es hatte.

Die Kalorimeter sollen die Energie der durchfliegenden Teilchen bestimmen, indem sie diese abbremsen. Mithilfe von Energie und Impuls kann man Masse und Geschwindigkeit des Teilchens berechnen. Jedoch werden nicht alle Teilchen abgebremst. Das Myon ist so reaktionsschwach, dass es beinahe nie in Wechselwirkungen mit den Kalorimetern tritt, deshalb fliegt es ungebremst weiter.

Die nächste „Schale“ bildet der supraleitende Solenoid-Magnet. Sein Magnetfeld ist dafür verantwortlich, dass die Bahn der Teilchen je nach Ladung gekrümmt wird. Wenn man sich die Bahn eines Myons ansieht, erkennt man, dass sich die Bahn des Teilchens nach Passieren des Magneten in die andere Richtung krümmt. Das liegt daran, dass das Magnetfeld auf der Außenseite in die andere Richtung geht als auf der Innenseite. Die nächste Schicht besteht aus zwei Komponenten. Dem eisernen Rückführjoch (rot), und den Myonenkammern (hellrot bzw. blau). Das Rückführjoch

ist für die Formung des Magnetfeldes zuständig. Die Myonenkammern sind ein wichtiger Bestandteil des Triggers und ebenfalls ein Aufgabengebiet des HEPHY. Der Trigger ist ein wichtiger Bestandteil der Elektronik, die die Kollisionen auswertet, vielleicht der wichtigste Teil des ganzen Experiments. Der Trigger ist ein Computerprogramm, das mit komplizierten mathematischen Verfahren bestimmt, welche Kollisionen im CMS gespeichert werden, und welche nicht aufgezeichnet werden und somit für immer verloren gehen. Denn nicht alle Kollisionen, die sich ereignen, sind auch wirklich interessant und auch wenn sie es wären, wäre es unmöglich, alle Kollisionen abzuspeichern. So reduziert dieses Programm die 600 Millionen Kollisionen pro Sekunde auf wenige Hunderte. Die Informationen liefern verschiedene Daten beispielsweise aus den Myonenkammern.

Dies und Das...

Für alle, die noch ein paar interessante Dinge über den *LHC* erfahren möchten:

Der *Large Hadron Collider* besteht aus insgesamt 9300 supraleitenden Magneten, die alle mit flüssigem Helium gekühlt werden. Für diese Menge beanspruchte der LHC mehrere Jahre lang das gesamte Helium, das weltweit produziert wurde.

Eigentlich sollte der Teilchenbeschleuniger schon 2008 in Betrieb genommen werden. Er funktionierte auch - aber nur kurz. Grund für die Verzögerung war eine Art Explosion. Durch die gewaltige Stromstärke, die die supraleitenden Magnete betreibt, reichte ein winziger Widerstand an einer Schweißnaht von ca. 12 Milli-Ohm, um eine Katastrophe auszulösen: Durch die gewaltige Hitzeentwicklung schmolz im Umkreis alles weg. Durch diese Hitze und den Druckverlust begann das Helium zu kochen, dehnte sich aus und beschädigte die umliegenden Magnete sehr schwer.

Science on Stage 2011

Intel prämiert den Kinderplanetenweg Lichtenberg

Bereits zum zweiten Mal (nach Grenoble 2007) zählte die Volksschule Lichtenberg beim internationalen Festival für Lehrer/innen „Science on Stage“ zu den Gewinnern. Unter dem Motto „Science Teaching – Winning Hearts and Minds“ präsentierten rund 250 Lehrer/innen aus ganz Europa und Kanada (davon 6 aus Österreich) vom 16. bis 19. April 2011 in Kopenhagen innovative Unterrichtsideen. Ziel war der Austausch von Ideen und damit die Chance, Schüler/innen für naturwissenschaftliche Berufe zu begeistern.

Der Chip-Hersteller Intel Corporation verlieh einen Hauptpreis und vier zweite Preise, die mit einer Einladung zur Teilnahme an einer von Intel organisierten internationalen Science Teaching Konferenz im nächsten Jahr verbunden sind. Drei weitere Gewinner wurden zu je einem Trainingskurs in europäische Forschungszentren eingeladen.

Ein zweiter Preis ging an das von **IDA REGL**, der Direktorin der Volksschule Lichtenberg, präsentierte Projekt des Kinderplanetenweges „Cosmi will's wissen“, www.cosmi.at.

Die Jury honorierte nicht nur den Weg, sondern auch den Experimentier-Rucksack, der mit seinen Versuchen Kindern naturwissenschaftliche Zusammenhänge nahe bringt und dass der Weg in einer breiten Zusammenarbeit vieler Beteiligter innerhalb und außerhalb der Volksschule entstand.

„Dieser Preis freut uns ganz besonders. Er ist eine absolute Anerkennung auf europäischer Ebene für die Schule und für die Gemeinde“, freuten sich Ida Regl und Daniela Durstberger, die Bürgermeisterin von Lichtenberg.

www.scienceonstage.at, www.scienceonstage.eu, www.cosmi.at

Intel prämiert den Kinderplanetenweg Lichtenberg

Bereits zum zweiten Mal (nach Grenoble 2007) zählte die Volksschule Lichtenberg beim internationalen Festival für Lehrer/innen „Science on Stage“ zu den Gewinnern. Unter dem Motto „Science Teaching – Winning Hearts and Minds“ präsentierten rund 250 Lehrer/innen aus ganz Europa und Kanada (davon 6 aus Österreich) vom 16. bis 19. April 2011 in Kopenhagen innovative Unterrichtsideen. Ziel war der Austausch von Ideen und damit die Chance, Schüler/innen für naturwissenschaftliche Berufe zu begeistern.

Der Chip-Hersteller Intel Corporation verlieh einen Hauptpreis und vier zweite Preise, die mit einer Einladung zur Teilnahme an einer von Intel organisierten internationalen Science Teaching Konferenz im nächsten Jahr verbunden sind. Drei weitere Gewinner wurden zu je einem Trainingskurs in europäische Forschungszentren eingeladen.

Ein zweiter Preis ging an das von **IDA REGL**, der Direktorin der Volksschule Lichtenberg, präsentierte Projekt des Kinderplanetenweges „Cosmi will's wissen“, www.cosmi.at.

Die Jury honorierte nicht nur den Weg, sondern auch den Experimentier-Rucksack, der mit seinen Versuchen Kindern naturwissenschaftliche Zusammenhänge nahe bringt und dass der Weg in einer breiten Zusammenarbeit vieler Beteiligter innerhalb und außerhalb der Volksschule entstand.

„Dieser Preis freut uns ganz besonders. Er ist eine absolute Anerkennung auf europäischer Ebene für die Schule und für die Gemeinde“, freuten sich Ida Regl und Daniela Durstberger, die Bürgermeisterin von Lichtenberg.

www.scienceonstage.at, www.scienceonstage.eu, www.cosmi.at

Wer war der erste erfolgreiche Motorflieger?

Ein Reisebericht

Herbert Pietschmann

Wer sich für das Flugwesen interessiert, wird die Frage nach dem ersten erfolgreichen Motorflieger schnell beantworten können: Die Brüder Orville und Wilbur Wright hatten 1903 in Kitty Hawk, North Carolina, USA, das lange ersehnte Ziel erreicht! Am 17. Dezember gelang Orville ein Flug von 37 Metern Länge und bis zu 3 Metern Höhe mit einer Maschine „schwerer als Luft“; Wilbur und Orville verlängerten noch am selben Tag ihre Flugdistanz auf über 60 Meter. Der vierte Flug ging zwar über 260 Meter, wurde aber durch einen Windstoß unsanft und unter leichter Beschädigung des Apparates beendet. Fünf Zeugen konnten das Ereignis bestätigen.

Von diesen historischen Tatsachen begeistert, nutzte ich die erstbeste Gelegenheit, den Originalschauplatz zu besuchen. Im Jahre 2001 war ich beruflich in Virginia und fuhr zum nahe gelegenen Kitty Hawk. Kaum verwunderlich, dass dort ein regelrechter Tourismusbetrieb aufgebaut wurde, ist doch der Bundesstaat North Carolina mit Recht so stolz auf diesen Ort, dass er – nach üblichem Brauch der USA – auf die Nummerntafeln seiner Kraftfahrzeuge unter „North Carolina“ auch prägen lässt „First in Flight“.

Im Oktober 2006 war ich im bayrischen Altmühltal und erfreute mich anlässlich einer Ausfahrt ohne besonderes Ziel an der anmutigen Gegend. So kam ich in ein kleines Städtchen namens Leutershausen, nicht weit von Rothenburg ob der Tauber. Zu meiner Überraschung zierte die Einfahrt in das Städtchen ein großes Denkmal, das ein urtümliches Fluggerät, künstlerisch verfremdet, darstellte. Es war dem „Flugpionier Gustav Weißkopf“, dem großen Sohn der Stadt, gewidmet. Da ich niemals von einem Flugpionier Gustav Weißkopf gehört hatte, begann ich mich dafür zu interessieren. Tatsächlich entdeckte ich im Zentrum des Städtchens ein Museum, das ihm gewidmet war.

Auf der Homepage des Museums heißt es:

„Das ‚Flugpionier-Gustav-Weißkopf-Museum‘ berichtet über die Pionierleistungen des fast in Vergessenheit geratenen Erfinders und zeigt den Beginn der motorisierten Luftfahrt. ... Mit einem ... voll funktionsfähigen Motoren-Replika sowie mit dem geflogenen Nachbau der ‚Nr. 21‘ wird dem Besucher die Geschichte Weißkopfs und sein Werk nähergebracht.“

Mein Erstaunen war beträchtlich! Hieß es doch in den Unterlagen, dass Weißkopf schon im Jahre 1901 – also deutlich vor den Gebrüder Wright – geflogen war. Das im Museum

Herbert Pietschmann ist Emeritus der Fakultät für Physik der Universität Wien und Buch-Autor (Neuerscheinung: Die Atomisierung der Gesellschaft. Ibero Verlag Wien 2009).

ausgestellte Modell – der Nachbau des Fluggerätes von Weißkopf mit der Nr. 21 – machte einen soliden Eindruck, mehr konnte ich beim bloßen Betrachten nicht feststellen.

Meine nächste Frage war, wo denn dieser Erstflug in der Geschichte der Menschheit stattgefunden haben soll. Nun, Gustav Weißkopf ist nach seiner Schlosserlehre 1895 im Alter von 21 Jahren nach den Vereinigten Staaten ausgewandert. Er landete in Boston, fügte seinem Vornamen ein „e“ an und anglisierte seinen Nachnamen. Als Gustave Whitehead kam er über New York, Buffalo, Baltimore und Pittsburgh schließlich 1900 nach Bridgeport im Staate Connecticut. Dort baute er sein Fluggerät mit der Nummer 21, dort soll auch sein Erstflug stattgefunden haben, am 14. August 1901! Immerhin brachte die Zeitung „Bridgeport Sunday Herald“ am 18. August 1901 einen ganzseitigen Artikel über den Erstflug. Der Reporter dieser Zeitung, Dick Howell, war selbst dabei anwesend und konnte als Augenzeuge verlässliche Angaben machen. Am folgenden Tag brachten auch die Zeitungen „Boston Transcript“ und „New York Herald“ Meldungen, die auf diesem Artikel fußten. Schon vorher, am 8. August 1901, hatte die angesehene Wissenschafts-Zeitschrift „Scientific American“ einen mit zwei Fotos illustrierten Artikel gebracht, in dem es heißt: *„Eine neuartige Flugmaschine wurde soeben von Mr. Gustave Whitehead aus Bridgeport, Conn., fertig gestellt und steht nun bereit für die ersten Flugversuche.“*

Ich war nicht nur verblüfft, auch ein wenig verunsichert; sollte es möglich sein, dass die ganze Welt getäuscht wird über den ersten, gelungenen Motorflug? Aber die Geräte im Museum zu Leutershausen und die dort aufliegenden Dokumente konnten wohl nicht allesamt Scherz oder gar Täuschung sein! Also beschloss ich, bei nächster Gelegenheit die Stadt Bridgeport zu besuchen und dort ein wenig nachzuforschen.

Im Mai 2009 war es so weit; anlässlich eines Aufenthaltes in Neu-England fuhr ich nach Bridgeport und ließ mich in einem Hotel im Stadtteil Fairfield nieder. Am Morgen des 26. Mai, nach meiner ersten Übernachtung, überlegte ich, wie ich vorgehen sollte. Das Grab von Gustave Whitehead zu besuchen war eine Möglichkeit, die ich aber für den Fall aufschob, dass ich sonst keine Spuren seiner Tätigkeit finden würde. Der kleine Flughafen der Stadt, vorwiegend von Privatflugzeugen angefliegen, trägt den stolzen Namen „Sikorsky Memorial Airport“, also könnte dort vielleicht auch Gustave Whitehead bekannt sein. Im Rand McNally Straßenatlas fand

ich auch ein Museum mit dem vielversprechenden Namen „Discovery Museum“. Aber ich entschloss mich, zunächst zur Universität zu fahren, in der Hoffnung, dass mir dort jemand weiterhelfen könnte. Leider musste ich feststellen, dass die University of Bridgeport gerade in den Ferien war. Am Campus gab es zunächst nur fest verschlossene Türen. Ich parkte vor einem Gebäude, das mir eher wie ein Hauptgebäude erschien und ging zur – verschlossenen – Tür. Glücklicherweise kam zufällig innen ein Mann vorbei, der mich sah und – wie das im freundlichen Amerika fast selbstverständlich ist, die Tür aufschloss. Leider befand ich mich im „Department of Music“. Eine junge Kollegin bat mich in ihr Büro; als sie mein Anliegen hörte, sah sie mich etwas skeptisch an, vermutlich meinte sie, es mit einem Verrückten zu tun zu haben. Ich sagte ihr, sie solle doch einfach in ihrem Computer bei Google Whitehead und Bridgeport eingeben, um zu sehen, dass ich nicht Irrlichtern nachlaufe. Sie blieb freundlich, tat es aber nicht. Ich sagte ihr, ich käme aus Wien und unterhielt mich längere Zeit mit ihr über Beethoven und Schubert. Erst dann ging sie zu ihrem Computer und „googelte“. Sofort wurden fast 75.000 Eintragungen ausgeworfen! Sie begann zu lesen und ihr Gesicht wurde immer erstaunter. Nun verstand sie auch, was ich wollte und drückte ihr großes Bedauern aus, dass ich gerade zur Ferienzeit gekommen wäre, denn ich würde wohl niemanden vorfinden. Ich bat sie trotzdem, mir den Weg zum Physics Department zu zeigen, ich wollte es einfach versuchen.

Wie bei Physikern üblich, waren dort die Türen nicht verschlossen; ich konnte ungehindert eintreten, fand aber zunächst niemanden vor. Nach einigem Suchen traf ich am Gang eine Sekretärin, die freudig auf mich zukam und meinte: „Sie kommen wohl wegen unserer offenen Stelle für einen Mathematiker?“ Leider musste ich sie enttäuschen! Auch sie wusste nichts von Whitehead. Aber sie führte mich in ein Büro, in dem eine Studentin am Terminal saß. Gemeinsam widmeten sich die beiden nun meinem Problem, sie wollten mir unbedingt helfen. Sie empfahlen mir, die „Bridgeport Public Library Historical Collections“, die Stadtbibliothek aufzusuchen und hatten bald einen Ausdruck mit einem Plan des entsprechenden Stadtteils produziert.

Zur Ehrenrettung der University of Bridgeport muss ich gleich anfügen, dass die Damen mein Problem und meine Visitenkarte weitergegeben haben. Noch bevor ich Bridgeport verließ, erhielt ich eine E-mail eines Kollegen aus dem English Department, Eric D. Lehman; er schrieb:

„Ich bedaure, dass ich Sie gestern an der University of Bridgeport nicht getroffen habe. ... Ich habe vor kurzem ein Buch geschrieben mit dem Titel Bridgeport: Tales from the Park City und eines der Kapitel ist Gustave Whitehead gewidmet.“ Eric Lehman gab mir auch den Namen des richtigen Experten, aber ich hatte die Verbindung schon selbst gefunden.

Die Bibliothek war jedoch in Mittagspause. Die Zeit wollte ich nicht nutzlos verstreichen lassen, so fuhr ich zum Sikorsky Memorial Airport, den ich ja als eine Einstiegsmöglichkeit in Erwägung gezogen hatte.

Das kleine Flughafengebäude war abgerissen, es sollte einem neuen Platz machen. Aber in einem Nebengebäude war eine Flugschule untergebracht und dort wollte ich mein Glück versuchen. Als ich eintrat, kam mir ein Herr – vermutlich ein Fluglehrer – entgegen und fragte mich: „Can I help you?“. Ich brachte mein Anliegen vor, erklärte, dass wohl in dieser Stadt ein gewisser Gustave Whitehead vor den Brüdern Wright geflogen sei und dass mich das interessiere. Er hörte sich alles wortlos an und sagte darauf kurz und bündig „Correct!“. Dann nahm er einen Zettel, schrieb darauf „Andrew Kosch“ und die Adresse einer Schule und sagte: „This man knows everything about him!“

Ich war glücklich, mein Suchen hatte nun zu einem ersten Erfolg geführt. Ich fand an der angegebenen Schul-Adresse eine typische, amerikanische „highschool“. Nüchtern, ja geradezu finster erschien die Anlage! Aber im Sekretariat waren die Damen sehr freundlich und als ich nach Andrew Kosch fragte, wussten sie offenbar, was ich wollte. Und dann betrat er den Raum: Ein etwas untersetzter, freundlicher Herr. Als er hörte, was ich suchte, war er sofort hellauf begeistert! Er war es nämlich, der den Nachbau der „Nr. 21“ geflogen hatte, der sein Leben ganz dem Ziel gewidmet hatte, Gustave Whitehead den ihm gebührenden Platz in der Geschichte des Fliegens zu verschaffen.

Andy war Biologie-Lehrer und musste noch unterrichten. Er fragte mich nach meinem Hotel und als er erfuhr, ich sei in Fairfield untergebracht, war er gleich noch begeisterter; dort hatte nämlich Gustave Whitehead ab 1905 sein Quartier und dort hatte er auch seine Flüge unternommen. Fast selbstverständlich, dass auch Andy dort wohnte. Nach seinem Unterricht wollte er mich im Hotel besuchen, sagte er. Inzwischen fuhr ich auf seine Empfehlung zum Discovery Museum. Dort wäre, wie er sagte, eine Ausstellung über Gustave Whitehead gewesen, die sei zwar schon abgebaut und im Keller lagernd. Wenn ich aber sagte, ich käme von Andy Kosch, würde man mir die Objekte gerne zeigen. Am Portal empfing mich schon ein freundlicher junger Mann – offenbar hatte Andy mich schon angekündigt – der mir alles zeigte, was ich sehen wollte. Besonders aufschlussreich war ein Kurzfilm, der auch Flüge von Andy Kosch mit dem Nachbau der Nr. 21 zeigte. So erfuhr ich auch den Grund, zumindest hier in Bridgeport, warum die Wright-Brüder den gesamten Ruhm als Erstflieger zugesprochen bekommen.

Demnach waren die Brüder Wright wesentlich besser in ihrer Öffentlichkeitsarbeit und – so die Meinung in Bridgeport – nicht immer ganz den Tatsachen verpflichtet. Sie waren offenbar zwischen 1900 und 1903 mehrmals in Bridgeport bei Gustave Whitehead, haben aber später diese Kontakte geleugnet. Erst viel später wurde die Frage, wer der erste Motorflieger war, wissenschaftlich interessant. Nach dem Tod von Wilbur Wright im Jahre 1912 bemühte sich Orville um diese öffentliche Anerkennung, für die das berühmte Smithsonian Institut in Washington zuständig war. Dieses lehnte aber Ende der Zwanzigerjahre die gewünschte Anerkennung ab, sodass der so genannte „Flyer I“, das Erstgerät der Brüder Wright, an das Museum of Science in London verliehen wurde. Offenbar um dieses wertvolle

Ausstellungsstück zu erhalten, wurde 1942 die Anerkennung seitens des Smithsonian Instituts erteilt und der Flyer I nach Washington gebracht. Sicher hat dabei der zweite Weltkrieg eine psychologisch wichtige Rolle gespielt, waren doch die Brüder Wright Nachkommen von Einwanderern der ersten Generation, während Gustave Whitehead nie um die amerikanische Staatsbürgerschaft angesucht hat.

Der Preis für die Übersiedlung des Flyer I war jedoch hoch! Nicht finanziell, Orville Wright verlangte nur den symbolischen Preis von einem Dollar; aber das Smithsonian Institut musste einen Vertrag unterzeichnen, in dem es hieß:

„Weder die Smithsonian Institution oder deren Nachfolger, noch jegliches von der Smithsonian Institution oder deren Nachfolger für die Vereinigten Staaten von Amerika verwaltete/s Museum oder Agentur, Amt oder Abteilung, darf öffentlich bekannt machen oder eine Erklärung oder eine Aufschrift in Verbindung mit oder in Bezug zu einem Flugzeug-Typ oder -Entwurf mit einem früheren Datum als dem des Wright-Flugzeuges von 1903 mit der Behauptung versehen, dass dieses Flugzeug in der Lage war, einen Menschen unter eigener Kraft im kontrollierten Flug zu tragen.“

Andernfalls würde der Flyer I wieder an die Wright-Erben zurückfallen! Dabei ist nicht einmal klar, ob der so ausgestellte Flyer I mit dem Erstfluggerät der Wright Brüder identisch ist, denn der wirkliche Erstflieger ging bei einer missglückten Landung in Bruch.

„Geschichtsschreibung durch Vertrag“ wird das in Bridgeport genannt. Noch viele andere Einzelheiten und Episoden wurden mir beim Betrachten des Films und beim Gang durch das Discovery Museum erzählt, mein Eindruck war ganz deutlich, dass hier ein Mann um seinen Verdienst gebracht worden war!

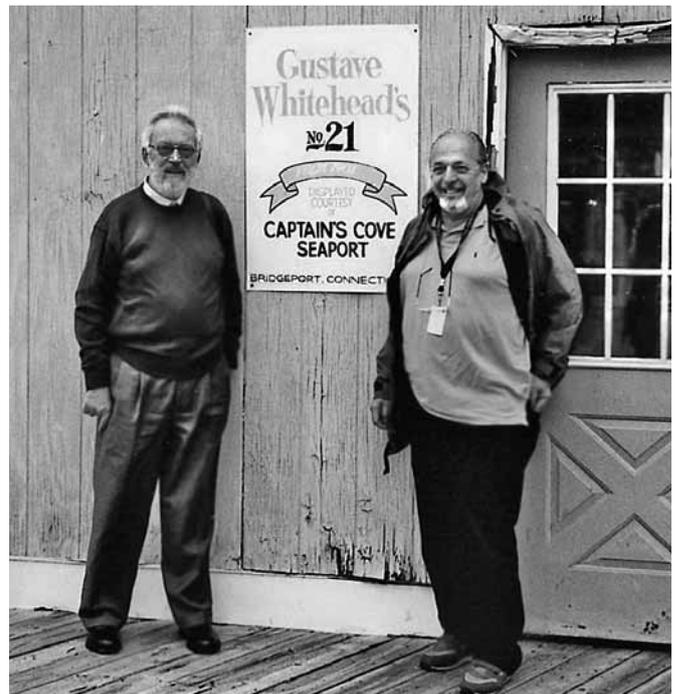
Am Nachmittag kam Andy Kosch zu mir ins Hotel. Wir unterhielten uns lange Zeit über den Nachbau der Nr. 21 von Gustave Whitehead (die so genannte „Nr. 21A“), über die ungeklärte Frage, welche Motoren er verwendet hatte und dergleichen mehr. Dann fuhren wir mit dem Auto durch die Gegend, in der Gustave Whitehead mit seinen Fliegern gefahren war. Ja, gefahren! Denn ein wesentlicher Unterschied zum Flyer I der Brüder Wright war der Zusatzmotor, der die Räder antrieb. Während die Brüder Wright gar keine Räder an ihrem Modell hatten, also auf Kufen starten mussten, konnte Whitehead die schwierige Phase der Beschleunigung aus dem Stand mit seinem Antriebsmotor viel schneller bewältigen. Ich erinnere mich noch genau an die eiserne Schiene, die in Kitty Hawk im Boden eingelassen ist; auf ihr haben die Brüder Wright ihr Flugzeug angeschoben.

Whitehead konnte auch die Flügel seines Gerätes einfallen, sodass er ein straßentaugliches Gefährt zum Startplatz fuhr. Wegen des beträchtlichen Lärms und Gestanks allerdings sehr zum Missfallen der Anrainer! Andy Kosch erzählte mir alle diese Details, er schien fast wie eine Reinkarnation des ersten Motorfliegers. Wir kamen schließlich zu jenem Werkschuppen, in dem die Nr. 21 nachgebaut worden war. An die Fülle der Einzelheiten über die Probleme

und Erfolge beim Nachbau erinnere ich mich nicht mehr deutlich genug, aber der Enthusiasmus und die Hingabe von Andy Kosch beeindruckten mich zutiefst. Es ging doch vor allem darum, die Behauptung der Anhänger der Wright-Brüder zu widerlegen, dass Whiteheads Flieger nicht flugtauglich war!

Zunächst wurde das Flugzeug auf einem Anhänger locker montiert und von einem PKW gezogen. Bei etwa 60 Stundenkilometern hebt das Flugzeug tatsächlich ab und wird nur mehr durch die Leinen gehalten. Am 7. Dezember 1986 stieg Andy Kosch in das Gerät und startete die Motoren. Nicht einmal 100 Meter brauchte das Flugzeug, um abzuheben und in einigen Metern Höhe etwa 30 Meter zu fliegen. Nach der sanften Landung war es gewiss: Die Nr. 21A war flugtauglich! Noch fast ein Viertel Jahrhundert später. Bei unseren Gesprächen spürte ich die Erregung und Genugtuung, die Andy Kosch bei diesem Flug erlebt haben muss. Weitere Flüge bis zu 70 Metern folgten. Dann ereignete sich ein durch Leichtsinn verursachtes Unglück: Ein Reporter kam dem landenden Flugzeug zu nahe, wurde erfasst und brach sich das Schlüsselbein. Weitere Flüge wurden daraufhin behördlich verboten.

Für Andy Kosch und seine Begleiter ist jedoch damit eindeutig bewiesen, dass Gustave Whitehead der erste erfolgreiche Motorflieger war. Nach ihrer Meinung ist einfach zu viel Geld im Spiel, um eine offizielle Anerkennung zu erreichen. Schließlich müsste das Smithsonian Institut den Flyer I aus seiner Sammlung entfernen und ihn den Erben der Wrights zurückerstatten; und Kitty Hawk würde seine Attraktion als Touristenziel einbüßen. Besonders optimistische Bürger von Bridgeport träumen sogar davon, dass der Zusatz „First in Flight“ auf den Nummerntafeln von North Carolina nach Connecticut wandern könnte!



Herbert Pietschmann mit Andy Kosch vor der Erinnerungstafel an den ersten erfolgreichen Flugpionier Gustave Whiteheads

Roman Ulrich Sexl-Preis 2010

Leopold Mathelitsch

Durch ihren vieljährigen verdienstvollen Einsatz für das International Young Physicists' Tournament zu einem anerkannten international renommierten Wettbewerb, wurden

**Prof. Mag. Dr. Brigitte Pagana-Hammer
und**

Prof. Mag. DI Dr. Gerhard Haas

mit dem Roman-Ulrich-Sexl-Preis 2010 ausgezeichnet.

Der Roman-Ulrich Sexl Preis für besondere Leistungen in Unterricht und Lehre wurde 2010 für das wichtige Gebiet der Begabtenförderung vergeben. Es hat sich in den letzten Jahren – auch international – gezeigt, dass gezielte Begabtenförderung schwer von einem Lehrer / einer Lehrerin im traditionellen Unterricht geleistet werden kann, sondern dass dazu außerschulische Aktivitäten genutzt werden können. Internationale Wettbewerbe haben sich als sehr effiziente und auch attraktive Möglichkeiten gezeigt, Begabtenförderung auf hohem Niveau zu initiieren und zu praktizieren. Die Physikolympiade ist die größte Veranstaltung, in der Schülerinnen und Schüler ihre Physikkenntnisse und experimentellen Fähigkeiten national und international vorstellen und vergleichen können.

Ein weiterer Wettbewerb, das International Young Physicists' Tournament, zielt auf zusätzliche Aspekte einer physikalischen Begabtenförderung ab. 17 Aufgaben werden etwa ein Jahr vor dem Wettbewerb veröffentlicht. Schülerinnen und Schüler in einem Team haben sodann die Gelegenheit, unter Zuhilfenahme aller möglichen Expertisen, Klassenlehrer, Bücher, Internet, Universitäten, diese Aufgaben zu lösen. Der Wettbewerb besteht aber nicht nur in der Präsentation dieser Lösungen. In einem sogenannten Fight hat ein anderes Team die Aufgabe, die Richtigkeit, Vollständigkeit und Qualität der Präsentation zu hinterfragen und auf der Bühne zu diskutieren. Bei diesem Wettbewerb sind damit nicht nur physikalisches experimentelles und theoretisches Wissen gefragt, sondern auch Teamfähigkeit, Präsentationstechnik, Argumentationsfähigkeit. Da diese Fights in englischer Sprache abgewickelt werden, ist auch noch Sprachfähigkeit gefordert. Damit werden genau die Schlüsselkompetenzen angesprochen, die von der Industrie von unseren Schülern, aber auch von den Absolventen der Hochschulen gefordert werden.

Dass dieser Wettbewerb in Österreich nach seiner Einführung durch Univ.-Prof. Dr. Romano Rupp zu einem hohen internationalen Niveau gebracht wurde, ist das Verdienst der heurigen Sexlpreisträger, nämlich von

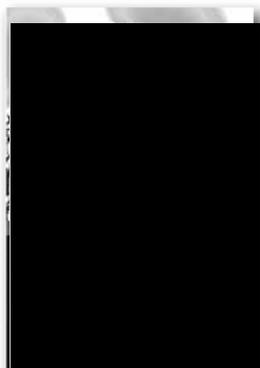
**Prof. Mag. Dr. Brigitte Pagana-Hammer
und von Prof. Mag. DI Dr. Gerhard Haas.**



Der Beginn dieses Bewerbs in Österreich war 1999, als Prof. Pagana-Hammer nicht nur das erste österreichische Ausscheidungsturnier organisierte, sondern auch an der Organisation des 12. Internationalen Turniers in Wien maßgeblich beteiligt war. In der Folge hat Frau Pagana nicht nur die weiteren österreichischen Turniere organisiert, sondern auch federführend zur Gründung des Vereins „Austrian Young Physicists' Tournament“ beigetragen. In der Folge wurden die Leistungen von Frau Pagana auch international gewürdigt, indem sie seit 2000 im International Organizing Committee und seit 2006 im Executive Committee der internationalen Organisation tätig ist. Den Höhepunkt fand ihre Arbeit durch die Vergabe des internationalen Turniers 2010 an Wien, an dem Teams aus 23 Nationen teilgenommen haben. Die Abwicklung des Wettbewerbs unter der Leitung von Frau Pagana-Hammer fand große internationale Anerkennung.

Prof. Dr. Haas war auch ein Mitstreiter des Austrian Young Physicists' Tournament der ersten Stunde. Er hat österreichische Teilnehmer trainiert, die internationale Erfolge errungen haben. 2002 fand der österreichische Wettbewerb zum ersten Mal in Leoben statt, ab 2004 dann jedes Jahr. Dass das österreichische nationale Turnier unter internationaler Beteiligung stattfindet, ist weltweit einzigartig. Gerhard Haas ist es gelungen, dieses Turnier zu einer fest etablierten Einrichtung aufzubauen, im Besonderen durch eine starke Einbindung lokaler Institutionen. Es sind dies die Stadt Leoben, örtliche Schulbehörden und Organisationen, im Besonderen aber die Montanistische Universität Leoben, in deren Räumen der Wettbewerb stattfindet. Die Montanuniversität unterstützt diesen Bewerb als eine wichtige Form der Nachwuchsförderung für physikalische und technische Studien. Die großartige Aufbauarbeit und Leistung der beiden Preisträger kann auch darin ersehen werden, dass die österreichischen Teams in den letzten Jahren hervorragende Resultate erzielt haben, nämlich einen vierten und zwei zweite Plätze bei den letzten drei Turnieren.

Bücher



Die Entdeckung des Unvorstellbaren Einblicke in die Physik und ihre Methode

Josef Honerkamp

xiv + 386 S., 8 Abb., Heidelberg:
Spektrum Akad. Verlag 2010
ISBN 978-3-8274-2425-9
EUR 24,95

Ein Professor der theoretischen Physik im Ruhestand versucht, seiner 20jährigen Enkelin die Physik und ihre Entwicklung verständlich zu machen. In fünf Kapiteln zeigt er ihr (und uns) die wesentlichen Schritte in der Mechanik, der Elektrodynamik, den Relativitätstheorien, der Thermodynamik und Statistischen Mechanik, sowie der Quantenmechanik - jeweils begleitet von einem persönlichen Brief. Leider gibt es keine Antwortbriefe. So erfahren wir nicht, wie Honerkamp's Bemühungen das Physikverständnis und das Interesse der Enkelin gefördert haben. Dabei wird die Ideenentwicklung der Physik nachgezeichnet, jedoch wird die angewandte Physik und damit praktisch die gesamte Alltagsphysik ausgespart.

Als Zielgruppe nennt Honerkamp die interessierten Laien, Schülerinnen und Schüler mit einer Affinität zur Physik und Physiker. Nach Einschätzung des Rezensenten bedarf es aber doch eines beträchtlichen Vorwissens, damit der rote Faden sichtbar wird. Honerkamp vertraut fast ausschließlich auf die Macht des Wortes, Formeln und Abbildungen fehlen. Studierenden, die sich einen Überblick über ein Teilgebiet verschaffen möchten, könnte die Lektüre des entsprechenden Kapitels helfen, die notwendigen Verknüpfungen herzustellen. Altphysikern wird das Buch beim Auffrischen von Zusammenhängen helfen.

Helmut Kühnelt



Das Nichts verstehen Die Suche nach dem Vakuum und die Entwicklung der Quantenphysik

Frank Close

1. Aufl., 2009, a. d. Engl. übers.
von Th. Filk. 186 S., 14 Abb., geb.,
Spektrum Akademischer Verlag
ISBN 978-3-8274-2095-4, EUR 19,95

Hier geht es um das Nichts, um unsere Vorstellungen vom Vakuum von der Antike bis zur modernen Physik. Close führt in plastischer Sprache durch die Physik. Wie leer ist ein Atom? Worin wellt Licht? Was sind Felder? Was sagt die ART? Und schließlich: Das Vakuum in der Quantenwelt. Das

Higgs-Vakuum und der Urknall – ist das Universum eine Quantenfluktuation, die von geborgter Zeit lebt – und das schon seit Milliarden Jahren? Close schließt mit dem Bekenntnis, dass am Schluss das Rätsel bleibt, was die Ursache dafür war.

Frank Close, Teilchenphysiker an der Universität Oxford, hat zahlreiche populäre Bücher geschrieben, wofür er die Kelvin-Medaille erhielt. Das Buch ist absolut empfehlenswert.
Helmut Kühnelt

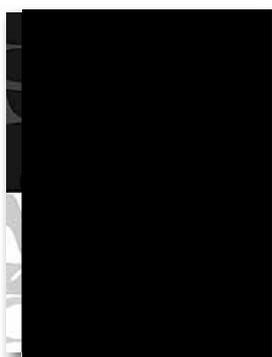


50 Schlüsselideen Physik

Joanne Baker

Nachdruck 2010. 2009, 208 S.
150 Abb., Geb., Heidelberg:
Spektrum Akad. Verlag
ISBN: 978-3-8274-2119-7
ca. EUR 25

Auf je 4 Seiten werden 50 fundamentale Ideen der Physik – vom Mach'schen zum Anthropischen Prinzip, vom Hooke'schen Gesetz zur Unbestimmtheitsrelation, von den Newton'schen Gesetzen zur kosmologischen Konstanten – vorgestellt. Das Buch der Nature-Redakteurin J. Baker regt zum Schmökern an. Und wer mehr wissen will, hat heute ja im Internet einen nächsten Anlaufpunkt. Als Maturageschenk gut geeignet!
Helmut Kühnelt

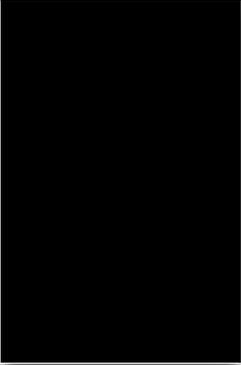


Antimaterie

Frank Close

1. Aufl., 2010, a. d. Engl. übers.
von Th. Filk xii + 228 S., 10 Abb.
geb., Spektrum Akad. Verlag
ISBN: 978-3-8274-2531-7
EUR 19,95

Antimaterie hat auch zu Beginn des 21. Jahrhunderts nichts von ihrer Faszination eingebüßt. Frank Close gibt einen kompakten Überblick über die Entdeckung der Antimaterie zunächst als Folge eines mathematischen Modells, der Diracgleichung, dann in der Natur, und über die Frage, warum es in unserem Universum kaum Antimaterie zu geben scheint. Oder sollte die Frage nicht etwa lauten, warum überhaupt Materie nach dem Urknall übrig geblieben ist? Nach purer Physik befasst sich Close auch mit Mythen zum Thema: Antrieb für Raumfahrzeuge, Waffen,... Resümee: Sehr lesenswert!
Helmut Kühnelt



Der Weg zur Wirklichkeit

Roger Penrose

1. Aufl. 2010, a. d. Engl. übers. von A. Ehlers. xxxvi + 357 S., 41 Abb.

Softcover. Heidelberg:

Spektrum Akad. Verlag

ISBN: 978-3-8274-2341-2

EUR 24,95

In „The Road to Reality“ hat der englische Physiker und Mathematiker Sir Roger Penrose (geb. 1931) seine Sicht auf die mathematischen Prinzipien der Physik in über 1000 Seiten zusammengefasst. Die Teilübersetzung der englischen Originalausgabe 2004 für Seiteneinsteiger liegt nun als handliches Taschenbuch vor. Es enthält die ersten vier Kapitel des Originals, sozusagen von Platon bis zu den komplexen Zahlen, weiters für Penrose sehr wichtig die hyperkomplexen Zahlen (Quaternionen) und schließlich das letzte Kapitel „Wo liegt der Weg zur Wirklichkeit?“, das Kernstück der Penrose'schen Sicht auf moderne Physik. Und er stellt Fragen: Wie weit darf man aus der erfolgreichen Anwendung von Mathematik, von der überraschenden, gelegentlichen Übereinstimmung zwischen mathematischen Schlussfolgerungen und experimentellen Fakten schließen, dass eine schöne mathematische Theorie immer eine Anwendung in der Physik findet? Wie sehr prägen Modeströmungen die wissenschaftliche Praxis? Lässt sich eine falsche Theorie experimentell widerlegen?

Am Schluss bleibt die Erkenntnis, dass trotz vieler Antworten die tieferen Fragen gerade erst gestellt wurden.

Ein Brückenskapitel im Anhang schlägt den Bogen von der einfachen Mathematik und elementaren Physik zur Quantenfeldtheorie und den modernen Ansätzen einer Quantengravitation.

Helmut Kühnelt



Videoanalyse und Physikunterricht

Technik – Didaktik –
Unterrichtspraxis

Michael Suleder

1. Aufl., 110 S., ca. 120 Abb.

Format 17x24 cm, geb. mit
CD-ROM. Aulis Verlag 2010

ISBN 978-3-7614-2820

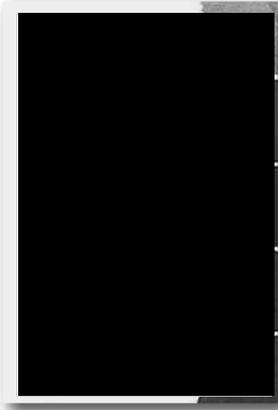
EUR 25,-

Moderne Digitalkameras und Videorekorder erlauben es, durch Filme und Serienaufnahmen Vorgänge unter der Zeitlupe zu betrachten. Dadurch wird es möglich, die Bewegungsgesetze aus dem Physiksaal an realen Vorgängen zu vertiefen. Neueinsteiger sind allerdings oft überrascht über die Tücken der digitalen Aufzeichnung, insbesondere von

Artefakten durch Bewegungsunschärfen und Datenkompression und die verschiedenen Aufzeichnungsformate und Kompressionsverfahren.

Wer eine praxisgerechte Einführung zur Videoanalyse von Bewegungen im Mechanikunterricht sucht, findet in Suleders Handreichung sowohl technische, als auch didaktische Grundlagen und eine große Zahl von erprobten, ausgearbeiteten Beispielen. Die beigelegte CD enthält Filme, Arbeitsblätter und ein einfaches Analyseprogramm. Suleder ist Physiklehrer in Bayern und Autor des umfangreicheren PHYWE-Videoanalyseprogramms „Measure Dynamics“. Unabhängig davon, welches Videoanalyseprogramm verwendet wird – es gibt auch leistungsfähige Programme im public domain-Bereich – Suleders Einführung in die Videoanalyse kann manchen Umweg vermeiden helfen.

Helmut Kühnelt



Physikdidaktik kompakt

Hartmut Wiesner,
Horst Schecker,
Martin Hopf (Hrsg.)

1. Aufl. 2011, Format 13x19 cm
150 S. ca. 40 Abb.,, brosch.

Aulis Verlag

EUR 14,80 (D)

Der Titel wendet sich an Lehramtsstudenten, Lehrkräfte und Lehrerbildner. Er bietet das Wesentliche zum Thema „Physikdidaktik“; für Studenten eröffnet sich die Möglichkeit, kurz und übersichtlich einen Einstieg in die Didaktik ihres Faches zu bekommen.

Junge Lehrkräfte erhalten Gelerntes knapp zusammengefasst als Erinnerungsstütze und zum Nachschlagen; älteren Lehrkräften bietet sich die Gelegenheit, sich rasch mit aktuellsten Themen vertraut zu machen. Lehrerbildner können den Band begleitend einsetzen.

Die Herausgeber haben mit fünf Kollegen in 18 Kapiteln eine konzise Darstellung des aktuellen Stands der Physikdidaktik zusammen gestellt und sozusagen das Skript einer einsemestrigen Lehrveranstaltung vorgelegt mit den Wochenthemen „Was ist Physik?“, Bildungswert und –ziele, Bildungsstandards, konstruktivistische Sicht vom Lernen, Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, Begriffswechsel und –entwicklung, Leistungsmessung, Elementarisierung, Unterrichtskonzeptionen und –methoden, Methodenwerkzeuge, Experimentieren, Medien, Aufgaben, Internationale Schulleistungsstudien.

Dem Buch ist eine weite Verbreitung zu wünschen.

Helmut Kühnelt