

Ein Kartoffelfest im Physikunterricht oder:

Von den Schwierigkeiten, fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht durch Materialien zu unterstützen

von Lutz Stäudel und Armin Kremer

Dr. Lutz Stäudel, geb. 1948, seit 1976 Akad. OR an der Gesamthochschule Kassel-Universität, Abt. Chemiedidaktik.

Adresse: Landaustraße 1, 3500 Kassel.

Dr. Armin Kremer, geb. 1951, z. Zt. wiss. Mitarbeiter am Landesinstitut für Schule und Weiterbildung NRW in Soest.

Adresse: Simmestr. 36, 3550 Marburg 7.

Lernen in Zusammenhängen ist die Forderung des Tages. Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht, der dieser Forderung gerecht wird, bedeutet nicht nur ein Mehr an Komplexität der Themen und Gegenstände des Unterrichts und damit auch erkennbare Bezüge zur (ungefächerten) Alltags- und Lebensumwelt der Schülerinnen und Schüler, dies bedeutet notwendig auch größere Offenheit der Lernwege und der Erarbeitungsmöglichkeiten für alle Beteiligten [5]. Was mit diesem Begriff von Offenheit gemeint ist, soll im folgenden zunächst am konkreten Beispiel – einer Sequenz aus dem Physikunterricht, die in ein „Kartoffelfest“ mündet – dargestellt werden; im Anschluß daran sollen die Implikationen dieser Offenheit in zweifacher Hinsicht diskutiert und problematisiert werden:

- als Chance für das Lernen und als Herausforderung für die Unterrichtenden
- sowie unter dem Gesichtspunkt, für diesen (offenen) Unterrichtsansatz Materialien und weitere Hilfen zur Verfügung zu stellen.

I Praxisbeispiel: Energie in Klasse 6

Die Lehrerin

Maria N. studierte Physik und Mathematik für die Mittelstufe und ist seit 15 Jahren an verschiedenen Schulen in Hessen und Nordrhein-Westfalen tätig, zuletzt an einer Gesamtschule. Die Unter-

richtseinheit „Energie“ hat sie schon mehrfach unterrichtet, meist in Physik in Klasse 8, jetzt aber auch im naturwissenschaftlichen Unterricht der Klasse 6, was aufgrund interner Fachkonferenzvereinbarungen möglich wurde und vom Lehrplan in NRW auch abgedeckt ist. (Daß Maria N. in der gleichen Klasse „fachfremd“ auch biologische Themen behandeln muß, war ihr zunächst nicht so recht, ist aber, wie sich zeigen wird, für den Fortgang durchaus von Bedeutung.)

Ein (fast) klassischer Einstieg

Wie in den Vorjahren stieg die Lehrerin in die Thematik mit einem Brainstorming zur „Energie im Alltag“ ein; die damit gewonnenen Ergebnisse lassen sich stets den Bereichen „Energie als Lichtquelle“ (Strom, Kerze, Sonne), „Energie als Kraftquelle“ (Küchenmaschine, elektronische Medien: sie werden mit elektrischem Strom ‚betrieben‘) und „Energie als Wärmequelle“ (Ofen, Herd, Tauchsieder, Sonne) zuordnen. Aus entwicklungspsychologischen Gründen wird die ausführliche Bearbeitung des Aspektes „Kraft“ auf spätere Schuljahre verschoben; tatsächlich erscheint der Aspekt „Licht- und Wärmequelle“ im Bewußtsein der SchülerInnen dieser Altersstufe als deutlich dominant.

Auch diese Klasse war rasch bereit, dem Vorschlag der Lehrerin zu folgen und sich zunächst mit der Rolle der Energie in der Menschheitsgeschichte zu befassen. Aufgrund von Informationen aus unterschiedlichsten Quellen identifizieren die SchülerInnen das *Feuer und dessen Beherrschung* als ein zentrales Element in der Entwicklung des Homo sapiens zu heutiger Technik und Industrie. Unterstützt mit Texten zur Vorgeschichte, viele von den Schülern aus Jugendbüchern, Lexika, Zeitschriften u. a. selbst besorgt, erfuhr die „Zähmung des Feuers“ eine Vertiefung, die ansatzweise über die bloße Phänomenologie hinausging: Warum das Licht des Lagerfeuers die wilden Tiere abhält; welche

Bedeutung seine Wärme für ein Leben ohne feste Häuser und Doppelglasfenster hat; wie Feuer als Mittel und Werkzeug zum Kochen und zum Anspitzen von Pfeilen benutzt wurde.

Mit dieser menschheitsgeschichtlichen Thematik ist bereits (immer wieder) der erste kritische Punkt im Verhältnis zu den Fachinhalten erreicht: Oft genug finden die Kinder den romantischen Aspekt dieser Szenerie als so überwältigend, daß sie weitere Fragen an das Thema als eher störend empfinden. Maria N. griff in dieser Situation auf einen Text zurück, der das Feuer und seine Beherrschung (in Form einer phantastischen Dramatisierung der Menschheitsentwicklung) als Beginn eines Fortschritts darstellt, der (durchaus fragwürdig) bei Raketen und Kernwaffen endet. Damit konnte den SchülerInnen die lange reale Geschichte von Steinzeitfeuer zu heutiger Technologie im Ansatz begrifflich gemacht werden als das Bemühen, Feuer/Energie immer besser zu beherrschen und zu nutzen.

Feuer = Wärme und Licht

In solchen Zusammenhängen gewinnen die Fragen nach der „Natur des Feuers“ und seinen möglichen Wirkungen derart an Bedeutung, daß physikalische oder andere naturwissenschaftliche Betrachtungen nicht mehr als aufgesetzt erscheinen. (Um falschen Erwartungen vorzubeugen: Das „Wesen der chemischen Energie“ – gespeichert in Form von Bindungen oder gar elektronischen Zuständen – kann und muß für diese Altersstufe in keinem Fall thematisiert werden; dazu besteht u. E. auch keine Notwendigkeit.) Frau N. legt viel mehr Wert darauf, daß den SchülerInnen die Verknüpfung von Wärme und Licht als aus der gleichen Quelle, dem gleichen Prozeß stammend, erfahrbar wird. Die Extrembeispiele dafür sind schnell in der Klasse zusammengetragen: das „kalte“ Licht der Leuchtstoffröhre im Vergleich mit der heißen Glühbirne; oder das Leuchten eines *lightsticks* aus Bestän-

den der Polizei oder vom ADAC im Vergleich zur heißen Wunderkerze. Und auf der anderen Seite: Tauchsieder und Heizplatte, die „entleuchtete Flamme“ des Bunsenbrenners, Körperwärme und der immer dampfende Misthaufen; und schließlich offenes Feuer und die Sonne, die beide gleichermaßen „strahlen“ wie „wärmen“.

Nur einmal, so berichtet die Kollegin N., waren die Fragen nach dem *Licht* so drängend, daß sie einen Exkurs unter optischen Aspekten einschließen mußte. Sonst aber ließen sich die SchülerInnen gerne auf eine elementare Erarbeitung der Wärmelehre ein: Dabei wird der Wärmeaustausch als Folge von Temperaturunterschieden erfahrbar gemacht (durch Messungen an verschiedenen Stellen des Systems Heizplatte/Topf/Wasser), die Wärmeleitfähigkeit unterschiedlicher Materialien getestet und gemessen (u. a. mittels des beliebten Spiels, wie lange jemand ein Geldstück in eine Kerzenflamme halten kann), Isolation gegen Wärmeverluste als Forderung einer ökologisch orientierten Lebensweise und zugleich isolierende Fähigkeiten als spezifische Materialeigenschaften erkennbar gemacht usw. Eine Rolle spielen daneben aber auch die subjektiven Wärme- und Kälteempfindungen, die spielerisch erfahren und bewußt gemacht werden (Vergleich von Wasser unterschiedlicher Temperatur in drei Schüsseln, und alle dürfen es im Selbstversuch probieren!), Fragen weiterhin wie „Warum es bei Wind kälter ist?“, was sich bereits durch Anblasen einer feuchten Fläche und gleichzeitiger Temperaturmessung (z. B. mittels chemischem Kontakt-Folien-Thermometer) als relevantes Phänomen bestätigen läßt.

Alltagsgegenstände provozieren Alltagsfragen

Hier schloß Frau N. gewöhnlich die Erarbeitung der Aggregatzustände an, einmal ausgehend vom Verdunsten (s. o.), zum anderen im Rückgriff auf die Feststellung, daß bei den Experimenten zum Wärmeübergang das Wasser im Kochtopf nie heißer werden konnte als etwa 100 °C. Als diesmal der „Kochtopf“ wieder ins Zentrum des Interesses gerückt wurde, bekam der Unterricht den entscheidenden Impuls, der 3 Wochen später dann ins „Kartoffelfest“ mündete. Was, so fragte zunächst eine Schülerin, sei denn der besondere Vorzug des Feuers in bezug auf die Ernährung gewesen? Dem folgten eine Reihe anderer Fragen aus der Gruppe, und Maria N. entschloß sich spontan, sich auf diesen Aspekt einzulassen, der ihr mit einem Mal als bislang zu wenig beachtet erschien. Ohne Antwort auf diese Frage, was das Kochen,

Backen, Braten tatsächlich so bedeutsam macht, bliebe die Aussage, das Feuer sei von entscheidender Wichtigkeit im Zivilisationsprozeß gewesen, zur Hälfte bloße Behauptung. Da die Kollegin eine umfassende Antwort nicht parat hatte, andererseits in der Offenheit des Problems und dem originären SchülerInneninteresse einen Ansatzpunkt zur Initiierung von SchülerInnenaktivitäten erkannte, sammelte sie die spontanen Vermutungen des gemeinsamen Gesprächs über diese Frage zunächst an der Tafel und gab zum Ende der Stunde die Aufgabe, Informationen zu einzelnen Aspekten des Themas einzuholen. Eine gruppenweise Gliederung ergab sich zwanglos durch die Unterscheidung in *Pflanzenprodukte, Fleisch und andere tierische Produkte*, Fragen nach der *Geschichte des Kochens, Backens und Bratens*, nach *Kochen/Nicht-Kochen und Gesundheit* und einigen speziellen Aufgabenstellungen, u. a. im Zusammenhang mit möglichen Veränderungen von Nahrungsmitteln beim Kochen.

Was passiert eigentlich beim Kochen?

In der folgenden Stunde hatte sich die Frage auf die Formulierung zugespitzt: „Was passiert eigentlich beim Kochen.“ Denn die Recherchen der SchülerInnen, mit teilweise großem Eifer betrieben, hatten nur bruchstückhafte Ergebnisse geliefert, mit zum Teil widersprüchlichen Aussagen.

- So stand der Feststellung aus einem älteren Kochbuch, daß das Kochen bei Kohlgemüse unerlässlich sei, damit der Körper überhaupt etwas davon aufnehmen könne, die Meinung gegenüber, Rohkost sei viel gesünder – erst im Jahr zuvor hatten die Kinder in einer Unterrichtseinheit „Ernährung“ darüber einiges erfahren und sich auch Gedanken über eigene Ernährungsgewohnheiten und deren Bedeutung für die Gesundheit gemacht.

- Beim Fleisch hatte ein Gruppe in Erfahrung bringen können, daß Kochen oder Durchbraten Parasiten abtötet und gefährliche Erkrankungen verhindern kann; die Milch betreffend, hatten zwei SchülerInnen zu Hause gehört, daß Kochen frische Milch haltbarer macht – das „Warum“ konnte auch hier nicht eindeutig geklärt werden.

- Einfacher hatten es diejenigen, die sich um Eier (als „sonstige tierische Produkte“) hatten kümmern sollen. Auf Nachfrage hatte ein Biologiekollege ihnen den Hinweis auf ein Schulbuch gegeben, in dem einiges über die Denaturierung von Eiweiß ausgeführt war. Das Erhitzen stellte offenbar eine der Methoden dazu dar; danach, so das Schulbuch, könne der Körper das angebotene Eiweiß auch besser verwerten.

Experimentelle Fragen an die Wirklichkeit

Angeht diese unübersichtlichen Situation mit Widersprüchen und mit Begriffen und Stoffgruppen, deren komplexe Struktur den Kindern dieser Altersstufe kaum zu vermitteln ist, entschloß sich die Lehrerin, praktische Versuche mit der Klasse durchzuführen. Aus den zahlreichen Vorschlägen wurden schließlich fünf ausgewählt:

- a) Das Kochen eines Eis.
- b) Das Backen eines Eis.
- c) Das Kochen einer Kartoffel.
- d) Das Kochen von frischer Kuhmilch.
- e) Das Backen eines Pfannkuchens.

Benutzt werden sollten als Wärmequellen vorhandene Heizplatten aus der Physik- und Chemiesammlung, Bunsenbrenner mit Dreifuß und Drahtnetz sowie ein Campinggasbrenner mit Aufsatz. Die (für e)) benötigte Pfanne konnte aus dem hauswirtschaftlichen Bereich besorgt werden, die Nahrungsmittel brachte die Lehrerin mit.

Erste Hypothesen

Vor der Versuchsdurchführung wurde gemeinsam überlegt, worauf zu achten sei (Sicherheit, Gefahren) und was womöglich beobachtet werden könnte. Bereits bei dieser Vorbetrachtung entwickelten die Schülerinnen und Schüler erste Modelle für die Erklärung des zu Beobachtenden. So wurde vermutet, wenn das Ei aufgeschlagen, in die Pfanne gegeben und erhitzt würde, daß dann das im Eiklar enthaltene Wasser entweichen und ein weißer, undurchsichtiger Rest zurückbliebe. Dieser These widersprachen die Schüler von der Eikoch-Gruppe: dann müßte das Wasser beim Kochen eines Eis ja durch die Schale hindurch; und weil das nicht so schnell geht, was man an Eierschalen leicht zeigen könne, würde sich das Wasser drinnen „stauen“. Bei den Temperaturen, warf eine andere Schülerin ein, würde das Wasser aber verdampfen und dann leichter durch die Schale kommen – oder auch nicht und dann die Schale sprengen, worauf das Kaputtgehen von Eiern beim Kochen möglicherweise hindeutet. Jedenfalls müßte das Ei bei Wasserverlust leichter werden, und so wurde beschlossen, das Ei vor und nach dem Kochen genau zu wiegen.

Ähnliches beschloß auch die Kartoffelgruppe: Die Schale sollte nicht entfernt werden, damit sich die Kartoffel nicht „auflöst“, dann könne eine Gewichtsdiﬀerenz sicher gut festgestellt werden. Die „Wasserverlust-These“ wurde auch durch Erfahrungen beim Braten von (Hack-)Fleisch unterstützt: Bei der Zubereitung von Ragout würde

zunächst immer viel Flüssigkeit austreten und das Fleisch dann zusammenschrumpfen. Und die Werbung, so ein verstärkender Einwurf, würde ja auch versprechen, daß „Palmin die Poren verschließt und das Fleisch saftig hält!“. Jedenfalls hatte die „Wasserverlust-These“ bereits vor Versuchsbeginn in den Augen der SchülerInnen einen hohen Grad an Wahrscheinlichkeit erreicht.

Erste Ergebnisse

Wie man/frau sich denken kann, führten auch diese Versuche zu keinem eindeutigen Ergebnis: Beim Ei findet beim Kochen in Schale tatsächlich kaum ein Austausch von Wasser statt, bei der Kartoffel beträgt der Gewichtsverlust lediglich wenige Prozent, und auch bei dem Kochen der Milch schien den Schülerinnen und Schülern ein Wasserverlust kein entscheidendes Kriterium zu sein. Lediglich bei der Pfannkuchengruppe konnte ein mehr als 10prozentiger Gewichtsverlust verzeichnet werden, wenn auch das Ergebnis nur unter schwierigen Bedingungen gewonnen werden konnte (gewogen wurden die leere Pfanne, dann nochmals mit etwas Öl, nach Zugabe des Teigs und wieder nach dem Backen sowie der Pfannkuchen alleine auf Pergamentpapier). Auch war hier das Entweichen von Wasser als Dampf bzw. Aerosol deutlich zu beobachten. Als wichtige Beobachtung wurde aber aus allen Gruppen berich-

tet, daß sich Farbe, Struktur und „Härte“ der Lebensmittel verändert hatten – leider wiederum nicht in systematischer Weise. Am auffallendsten fanden die SchülerInnen die Veränderungen bei Ei und Kartoffel. Bei beiden „bleibt irgendwie alles, wie es war“ und gleichzeitig ändert sich eine Eigenschaft: im einen Fall wird es härter (beim Ei), die Kartoffel dagegen weicher. Die Lehrerin schlug vor, die Probleme einzeln mit der ganzen Klasse zu behandeln, was gerne akzeptiert wurde.

- Beim Ei, so zwei Schüler, hatten sie ja schon eine Erklärung gefunden, die nichts mit Wasser zu tun hatte: Die sogenannte Denaturierung durch das Kochen. Im gleichen Buch stünde, daß man die Denaturierung auch durch andere Maßnahmen bewirken könne, z. B. durch Säure oder durch Salze von Schwermetallen. Mit dem Vorschlag, diese Versuche in der nächsten Stunde durchzuführen, wurde das Ei-Koch-Problem zunächst aufgeschoben (und beim folgenden Mal abgearbeitet, unterstützt durch eine OH-Folie, auf der Eiweiße in Tertiär- und Quartärstrukturdarstellung schematisch wiedergegeben waren).
- Bei der Kartoffel sei das Merkwürdige, daß sie einfach weicher würde, und zwar um so mehr, je länger das Kochen dauere; die Farbe ändere sich nur wenig von weißlich-gelb zu gelb, also im gleichen Sinn wie beim Fleisch; das Kartoffelinnere selbst sei nach dem Kochen weich bis krümelig und sähe trockener aus als bei der rohen Kartoffel; auch sei der Geschmack nach dem Kochen anders, eher süßlich.

Ein Modell für die reale Kartoffel

Im Klassengespräch kam der Begriff „Gerüst“ in die Diskussion; dieses könnte der rohen Kartoffel ihre Festigkeit geben und durch das Kochen zerstört werden. Auf Nachfrage von Maria N. nach Vorkenntnissen bzgl. des Aufbaus von Pflanzen entdeckte die Klasse schnell, daß die Zellen der Pflanze (bzw. der Kartoffel als einem Pflanzenteil) ein solches Gerüst bilden könnten ... Womit sich die Frage stellte, wie dieses Zellengerüst zerstört wird, und um diese Frage klären zu können: wie die Zellen überhaupt aufgebaut sind. Der Zellaufbau (Abb. 1a, b) konnte schnell rekapituliert und durch Heranziehung eines Biologiebuches vervollständigt werden. Der spontane Vorschlag zum mikroskopischen Vergleich von roher und gekochter Kartoffel – vorausgesetzt, die Zellen seien groß genug und das Mikroskop hätte einen ausreichenden Vergrößerungsfaktor –, mußte ebenfalls auf später verschoben werden. Diese Idee erzeugte aber eine Vorstellung, die ein

Schüler gleich an der Tafel umsetzte: Komplette Kartoffelzellen, die eine Art Haus oder Turm bilden, und teilweise zerstörte, die kaum noch zusammenhängend ‚auf dem Boden‘ lagen. Bei der Frage nach der Ursache dieser Zerstörung kam es zu einer Synthese der Wasserverlusttheorie beim Ei und der Kenntnis vom Zellaufbau aus Hülle und Innenraum, letzterer hauptsächlich gefüllt mit Wasser. Die Vorstellung vom eventuell beim Kochen platzenden Ei wurde auf die Zelle übertragen und damit eine der Grundfragen gelöst: Beim Kochen ändere sich der Aggregatzustand des Wassers, das Wasser kocht auch in der Zelle und der Wasserdampf läßt die Zellwand platzen. (Und falls das nicht stimmen sollte, so würde sich das Wasser in jedem Fall ausdehnen und damit die Hülle sprengen, formulierte eine Schülerin als Hilfhypothese.¹⁾)

Fachwissen aus der Nachbardisziplin

Was bei den Kartoffeln den Nährwert ausmacht, wußten die SchülerInnen nur in Schlagworten: Kohlehydrate (dazu Vitamine und Mineralstoffe), also vielleicht Zucker, auch wegen des süßlichen Geschmacks; und zudem enthielten Süßigkeiten auch viele Kohlehydrate. Diese Vorstellungen korrigierte die Lehrerin, indem sie auf die Stärke als wichtigstem Inhaltsstoff der Kartoffel verwies und unbewußtes Vorwissen der Kinder aktivierte über Begriffe wie Stärkemehl, Kartoffelmehl, Speisestärke, Kartoffelstärke (ein Zusammenhang, dessen sich die Kollegin erst in dieser Situation selbst vollends bewußt wurde). In den Tagen bis zur nächsten Stunde beriet sich Maria N. u. a. mit einer Grundschulkollegin, auch um sich etwas fachlich abzusichern, da sie wußte, daß ihre Ansprechpartnerin mit Lebensmittelfragen durchaus vertraut war. Von ihr kam der Vorschlag, die Stärke in einer angeschnittenen Kartoffel durch Beträufeln mit Jod/Kaliumjodid-Lösung nachzuweisen, wie dies oft schon in der vierten Klasse gezeigt würde. Ob es dabei Unterschiede zwischen gekocht und ungekocht gäbe konnte die Grundschullehrerin nicht mehr beantworten, wohl aber vermuten.

Eine Frage und ihre Antwort

Für die kommende Stunde besorgte Maria N. die betreffende Lösung aus der Chemie, dazu einige Pasteurpipetten und Petrischalen zum Unterlegen. Sie berichtete der Klasse, daß sie eine Methode zum Nachweis von Stärke gefunden hätte, beschrieb das Verfahren und fragte nach den Vermutungen über das Ergebnis der Untersuchung, nicht ohne den Hinweis, daß ihr selbst

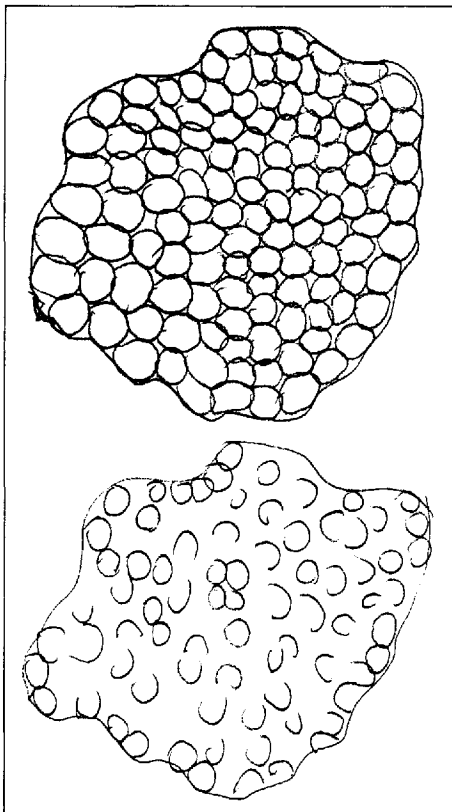


Abb. 1a: Zellen bilden ein Gerüst (Schülerkizze)
b: Das Gerüst ist zerstört (Schülerskizze)

das Resultat nicht völlig bekannt sei. Um den Zeitaufwand zu vermindern, hatte sie selbst einige gekochte Kartoffeln mitgebracht und rohe bereitgestellt. Die Untersuchung selbst fand in Gruppenarbeit statt, nicht ohne Probleme übrigens, da die Färbung der Stärkekügelchen in der Schnittfläche der rohen Kartoffeln (wegen der geringen Konzentration der Testlösung) nur schlecht erkennbar war, dafür war das Ergebnis bei der gekochten um so eindrucksvoller: Die gesamte Fläche färbte sich blauschwarz.²⁾ (Abb. 2a, b)

Einigen interessierten SchülerInnen nannte die Kollegin auf Nachfrage ein Schulbuch, in dem die Ursache der Blaufärbung einfach beschrieben sei, im übrigen bemühte sie sich, das Ergebnis zurückzukoppeln zu der Ausgangsfrage: „Warum war die Beherrschung des Feuers von so großer Bedeutung für die Entwicklung der Menschheit und ihre Ernährung?“. Da die SchülerInnen seit Beginn der Unterrichtseinheit die wichtigsten Ergebnisse als Protokoll in Wandzeitungsformat notiert hatten, war dies keine Schwierigkeit; die Antwort mußte lediglich formuliert und eingetragen werden: „Mit der Beherrschung des Feuers konnte gekocht, gebraten und gebacken werden. Dabei werden die Zellen von Pflanzenteilen zerstört und Eiweiße denaturiert. Die Nahrung wird besser verwertet – mehr Menschen werden satt.“

Das Kartoffelfest

Das in der folgenden Stunde dieser Unterrichtseinheit sich anschließende „Kartoffelfest“ entsprang, wie vieles andere bei diesem Thema, ebenfalls nicht dem ursprünglichen Plan der Kollegin. Vielmehr hatte ein Schüler bei der Zusammenfassung eher im Spaß gefragt, „wie das denn bei den ‚Pommes‘ sei“, und wurde – wahrscheinlich wegen des thematisch sich für die SchülerInnen als deutlich offen präsentierenden Unterrichtsstils – als ernsthaft zu behandelnde Frage von vielen nachdrücklich unterstützt. „Das müssen wir ausprobieren“, war eine heftige Forderung, nun schon mehr in Tellerportionen gedacht als in einzelnen Stückchen. Angesichts der guten Mitarbeit und der interessanten Wendung der Energie-Einheit erklärte sich Maria N. mit einem Kartoffel- und Pommes-frites-Fest einverstanden unter folgenden Bedingungen:

- Die Vorgänge beim Fritieren (Kochen bzw. Braten in Öl) sollten vorab theoretisch geklärt werden.
- Die Kartoffeln mußten von den SchülerInnen besorgt und gewaschen mitgebracht werden, ebenso Ketchup, Mayonnaise und Salz.

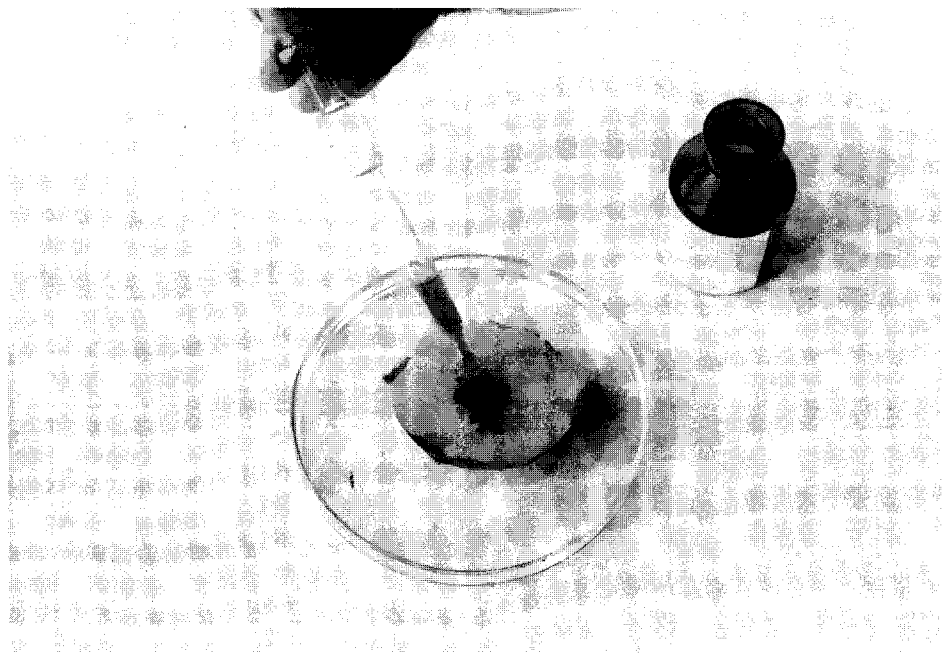


Abb. 2a: Der Stärkenachweis bei einer Kartoffel

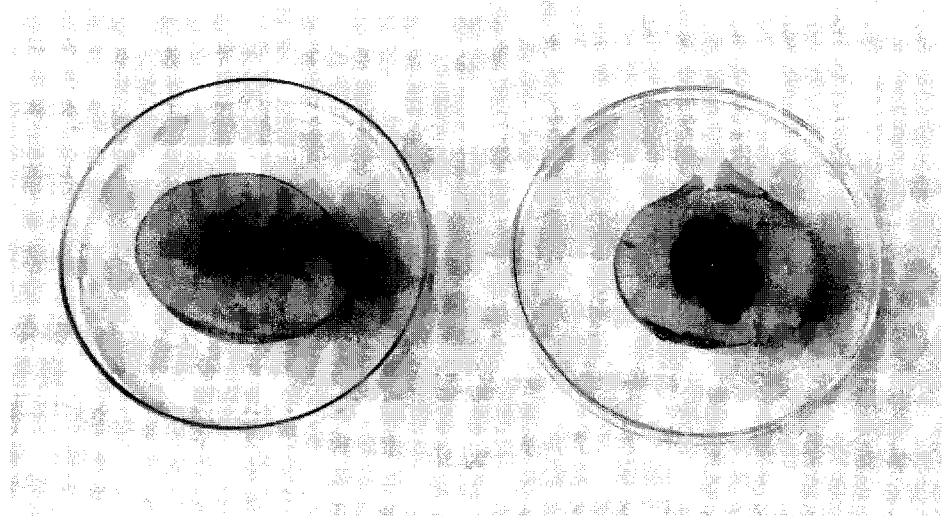


Abb. 2b: Nachweisvergleich bei einer Kartoffel: roh (links), gekocht (rechts)

- Und: Neben Pommes-frites mußten auch Pellkartoffeln gekocht werden. Sie selbst sorgte für zwei Friteusen aus der Schulküche samt Fett, einen Kartoffelschneider zum Stifteln der Kartoffeln sowie Koch- und Eßgeschirr. Kommentar einer Schülerin beim Fritieren: „Hörst Du, wie die Zellen knacken?!“

II Chancen und Probleme

Mit der Ausführlichkeit dieser Schilderung verfolgen wir den doppelten Zweck, einmal zu verdeutlichen, was *fächerübergreifend* u. E. ganz praktisch bedeuten kann, zum anderen, die eingangs aufgestellte Perspektive zu problematisieren, solchen offen angelegten fächer-

übergreifenden Unterricht durch *Materialien* zu befördern.

Fächerübergreifend lernen und unterrichten

Es ist unmittelbar einsichtig, warum und wie der beschriebene Unterrichtspfad den Bereich der physikalischen Betrachtungen verlassen hat – ausgehend von einem Unterrichtskonzept, das ohnehin nicht auf die Vermittlung von Gesetzen und deren Illustration durch Phänomene beschränkt angelegt war; ebenso deutlich ist aber auch, daß die Begründung für dieses Überschreiten der Fachgrenzen im Lern- und Arbeitsprozeß der Lerngruppe zu suchen ist und sich nicht verallgemeinern läßt. Verzweigungsmöglichkeiten zu anderen Akzentuierungen existieren praktisch in jeder Phase; eben-

I. Umwelten/Lebensräume/ Lebensgemeinschaften	<i>Lebensweltliche Aspekte</i>
• ...	
II. Sinne und Körpererfahrung	
• ...	
III. Umgang mit Tieren und Pflanzen	
• ...	
IV. Schwimmen, Fliegen, Laufen, Fahren	
• ...	
V. Energie und Technik im Wandel der Zeit	
• Heizung: Rohstoffe und Technologie, konventionelle und alternative Systeme	• Modellbau: Solarmobil, Windrad, Sonnenkollektor
• Elektrifizierung und Technisierung des Haushaltes	• Energie in anderen Ländern
• Feuer	• Geschichte der Haushaltsgeräte
• Erfindungen: Glühlampe, Telefon	• Rollenspezifische „Arbeitsteilung“
• ...	• Schutz der Erdatmosphäre
• ...	• Regenerative Rohstoffe ...
VI. Natürliche und künstliche Stoffe	
• ...	

Abb. 3: INWU – Die Themenkreise in Übersicht

so wie ein Kartoffelfest hätte – bei einer anderen Lerngruppe mit einer anderen Lehrkraft in einer anderen Schule – am Ende ein chinesischer Sonnenkochtopf stehen können oder der Wärmehaushalt von Lebewesen oder, ausgehend von Dehnungsfugen bei Schienen und Brücken, das Verhalten von Stoffen beim Erwärmen oder Abkühlen bis hin zur Untersuchung von Wetterphänomenen im Kontext der Übergänge zwischen Aggregatzuständen.

Auf die Bedeutung eines solcherart gestalteten Lernens [1, 3] kann hier nicht im Detail eingegangen werden. Die im Bewußtsein der SchülerInnen entwickelten Verknüpfungen können vielleicht mit einem Bild veranschaulicht werden: Kartoffelfest und Steinzeit-Szenerie markieren emotional bedeutsame Knoten in einem Netz, zu dessen Tragfähigkeit auch physikalische Erklärungsmuster der (Um-)Welt beigetragen haben.

Widerstände

Daß solche Offenheit, die aus einem Lern- und Bearbeitungsprozeß heraus begründet Fachgrenzen überschreitet, dennoch manchen als Beliebigkeit erscheinen mag, hat eine Reihe leicht auszumachender Ursachen [2]:

- Die Ausrichtung der naturwissenschaftlichen Schulfächer an den akademischen Bezugswissenschaften, seit den 70er Jahren einseitig verstärkt durch eine falsch verstandene *Wissenschaftsorientierung* des Curriculums, läßt oft nur gelten, was der herkömmlichen Systematik entspricht;

- Unterrichtserfolg und schulische Bildung werden allzuoft unreflektiert gleichgesetzt mit Faktenwissen und dessen Umfang – oft sogar von denen, die vernetztes Denken vehement fordern;
- noch immer sind die Curricula aller Schulstufen und -typen einseitig am gymnasialen Ziel der Studierfähigkeit orientiert (ohne daß die Funktionalität dieses Konzeptes bewiesen wäre);
- die Ausrichtung der Mehrzahl der Schulbücher an entsprechend formulierten Richtlinien und Lehrplänen hat dazu geführt, daß Bezüge zu Fragenstellungen außerhalb des jeweiligen Faches, wenn überhaupt, nur additiv, als Anwendungsbeispiele erscheinen;
- und schließlich sind die Kolleginnen und Kollegen in und für zwei Fächer ausgebildet worden, meist ohne ausreichende didaktische Unterstützung, und fühlen sich veränderten Ansprüchen gegenüber oft hilflos.

Erfahrungen materialisieren sich

Einen Weg, trotz dieser Hindernisse Spielräume für fächerübergreifenden Unterricht zu nutzen und zu gestalten – zunächst auch unter den Bedingungen existierender Lehrpläne und mit den bzw. durch die heute unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer – sehen wir in der Bereitstellung von Materialien, auf deren Struktur im folgenden eingegangen werden soll. Was sollten diese Materialien leisten?

- Sie sollten anknüpfen an den Inhalten des jeweiligen Lern- und Arbeitsbereiches, d. h. in der Regel anschließen

an grundlegende inhaltliche Vorgaben des Lehrplans.

- Sie sollten – in knapper Form – Informationen enthalten, die es der Lehrerin/dem Lehrer ermöglichen, sich in einem neuen, ihr/ihm „fremden“ Fachgebiet sachkundig zu machen.
- Sie sollten der Lehrerin/dem Lehrer didaktische und methodische Anregungen geben etwa für Bastelanleitungen und Spiele, Vorschläge für schulische Aktivitäten und außerschulische Erkundungen sowie Hinweise auf interessante Filme, Diareihen und Fachliteratur.
- Texte und Versuchsanleitungen sollten weitgehend so konzipiert sein, daß Schülerinnen und Schüler mit ihnen auch selbständig arbeiten können, sei es im Rahmen des Offenen Lernens

oder der Wochenplanarbeit.

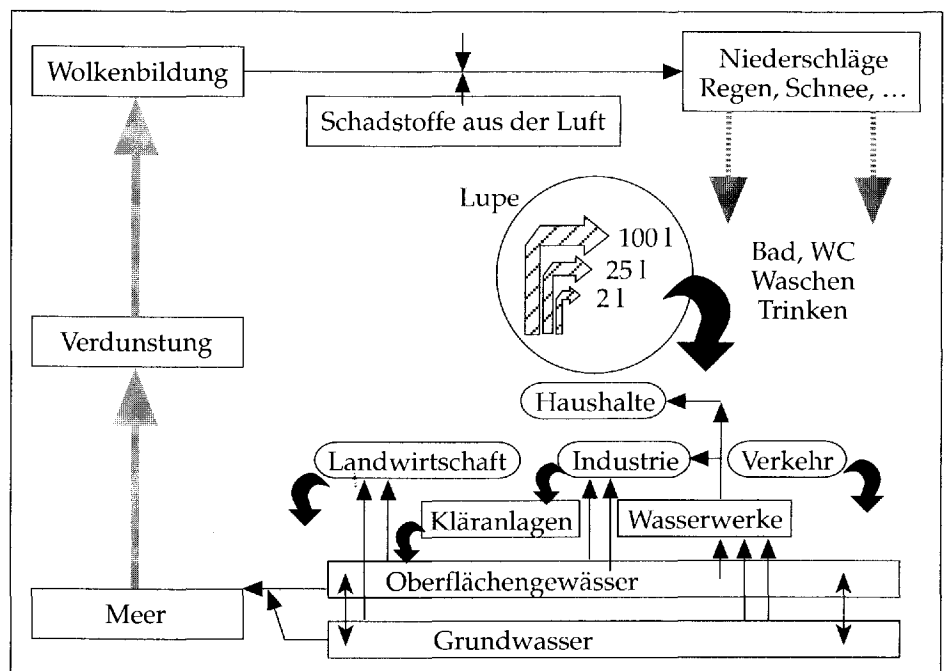
- Nicht zuletzt sollten diese Materialien im Interesse der inneren Differenzierung unterschiedlichen Lernleistungen oder -niveaus in der Lerngruppe Rechnung tragen.

Unserer Einschätzung nach, die sich auf ein Jahrzehnt Entwicklung von Unterrichtsmaterialien im Rahmen der AG *Naturwissenschaften sozial* stützen kann, ist dies am ehesten dann zu realisieren, wenn den zu erstellenden Materialien konkrete Erfahrungen einer Kollegin/eines Kollegen im Unterricht zugrunde liegen. Dabei relativiert der Anspruch auf Offenheit der Lernwege aber die Bedeutung solcher Unterrichtserfahrungen für die Materialentwicklung – und präzisiert sie: Als konkretes Praxisbeispiel unverzichtbar dürfen sie nicht allein strukturbestimmend werden; dies hätte den Verlust dynamischer Entwicklungsmöglichkeiten zur Folge und würde bloß zu einer neuen Kanonisierung von Inhalten und Methoden führen – diesmal nicht entlang vermeintlich grundlegender Fachstrukturen, sondern unter Festschreibung in Wirklichkeit austauschbarer Ausschnitte der Realität.

Das Soester Modell – Materialien für die Gesamtschule (5 – 7)

Einen Vorschlag zur Überwindung dieses Dilemmas haben wir im Rahmen des Projektes INWU (Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht an Gesamtschulen) [4] gemacht und zusammen mit KollegInnen aus dem Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Soest), Frau Prof. G. Freise und Schulprakti-

kern für die Jahrgangsstufen 5 bis 7 ausgearbeitet: Die inzwischen auf Basis dieses Konzeptes entwickelten Materialien (*Wasser, Umgang mit Tieren, Feuer, Pflanzen, Sinne erschließen die Umwelt, Wetter*) orientieren sich an Themenkreisen und besitzen Bausteincharakter. Die Formulierung von (sechs übergreifenden) Themenkreisen stellt Inhalte und Materialbausteine in größere thematische Zusammenhänge. Aus den zugeordneten lebensweltlichen Aspekten sollen sich je unterschiedliche problem- und gegenstandsorientierte Strukturierungen entwickeln und eine Zuordnung fachlicher Inhalte ermöglichen (vgl. Abb. 3). Die Problemfelder selbst werden jeweils in Sach-/Problemstrukturskizzen entfaltet, die den Materialsammlungen vorangestellt sind. Strukturgebend dafür können sowohl naturwissenschaftliche Aspekte sein, ebenso aber auch physiologische, soziale, technische, ökologische. (Vgl. Abb. 4a, b.)



Damit sind die Materialien so offen angelegt, daß an die örtliche, zeitliche, soziale und lernpsychologische Situation der Schülerinnen und Schüler angeknüpft bzw. diese thematisiert werden kann. Neben Anleitungen für leicht handhabbare Versuche, Experimente und Untersuchungen werden auch Vorschläge für Aktivitäten innerhalb und außerhalb der Schule gemacht und beispielhaft Realisierungsmöglichkeiten für den Unterricht aufgezeigt (s. o.). Damit diese Art von Materialsammlung nicht doch noch als Leitfaden für das eigene pädagogische Handeln mißverstanden wird und entsprechend zu einer Linearisierung und Beschränkung des unterrichtlichen Vorgehens führt, weisen die bisher entwickelten Materialien einen hohen Grad von Überbestimmtheit auf; d. h., zur Demonstration eines bestimmten Phänomens wird nicht nur ein Vorschlag aufgenommen, sondern möglichst mehrere, die sich dann durchaus bezüglich weiterer Aspekte des Gegenstandes der Betrachtung unterscheiden können. Damit und mit einem Angebot von Experimenten und Anleitungen für Untersuchungen bzw. Erkundungen, welches im Sinne von „Freier Arbeit“ für die Hand der Schülerinnen und Schüler konzipiert ist, sollen Lerngruppe und Lehrende nachhaltig angeregt werden, eigene Realisierungen im Umgang mit einem Phänomen, Problem oder Gegenstand zu entwickeln und dabei ein Stück Planungs- und Handlungskompetenz erwerben.

Die Erfahrungen aus Energieeinheit samt Kartoffelfest finden in diesem Modell in doppelter Weise Eingang: Einmal als Versuchsvorschlag im Rahmen

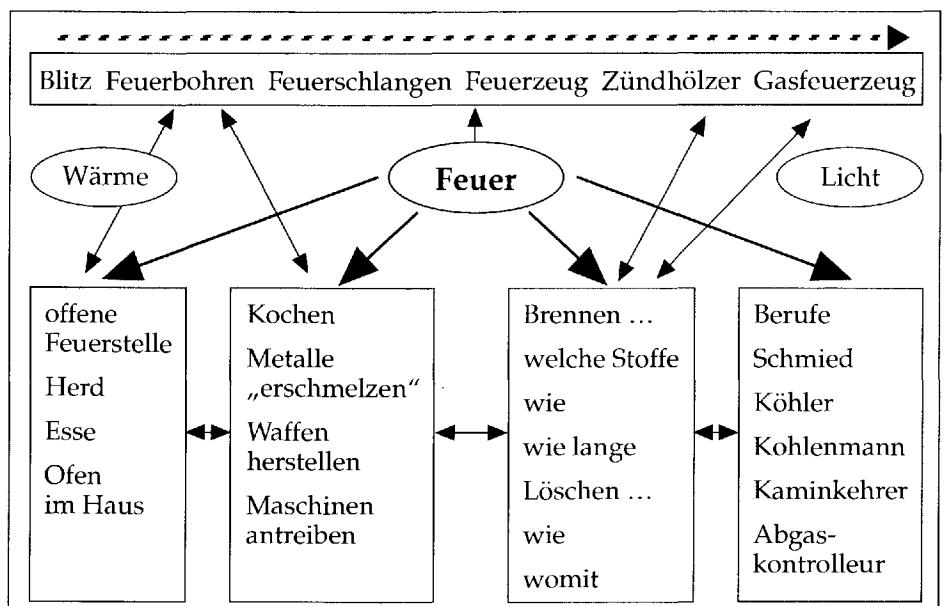


Abb. 4a, b: Sach-/Problemstrukturskizze (Beispiele Wasser/Feuer)

des Bausteins „Feuer“, zum anderen (bei einer Aktualisierung des Bausteins) als komprimierte Kurzbeschreibung („Projektskizze“), die dem Baustein beigefügt wird, um die Fantasie der Benutzer anzuregen und auf eigene Wege beim Umgang mit dem gewählten Problem, Phänomen oder Gegenstand zu schicken. Zugleich erfahren die Bausteine auf diesem Weg eine mittelfristige Ergänzung und Aktualisierung.

Literatur

[1] CUNA-Autoren-Gruppe: Unterrichtsbeispiele zu Natur und Technik in der Sek. I. Köln 1981
 [2] Ewers, M.; Kremer, A.; Stäudel, L.: Reform und Gegenreform im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Pädagogik H. 5/1989, S. 54 – 58

[3] Hahne, K.: Fruchtbare Lernprozesse in Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft. Marburg 1984
 [4] Landesinstitut für Schule und Weiterbildung (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Gesamtschule – „Umwelt erkunden – Umwelt verstehen“. Soest 1990
 [5] Kremer, A.; Stäudel, L.: Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht an Gesamtschulen – Zur Renaissance einer Reformidee. In: Pädagogik H. 7 – 8/1992, S. 62 ff.

Anmerkungen

- 1) Tatsächlich wird durch einen etwas komplizierten Prozeß die Mittenlamelle der Zelle zerstört, wodurch die Festigkeit abnimmt. Es folgt dann eine teilweise Auflösung der Zellwände.
- 2) Der Versuch wurde inzwischen als Arbeitsblatt in die Materialsammlung des Bausteins „Feuer“ des Curriculums „Umwelt erkunden – Umwelt verstehen“ (LSW Soest 1991) aufgenommen.

Zu diesem Heft

Liebe Leserinnen und Leser,

heute gibt es mehrere Gründe, auch im Fachunterricht fächerübergreifend zu unterrichten. Ich habe im Basisartikel einige davon genannt. Sie betreffen die allgemeine Schulsituation, die grundlegenden Aufgaben von Bildung und die Gefährdung unsere Lebensgrundlage mangels eines leistungsfähigen Verständnisses der Entwicklung von Natur, Technik und Gesellschaft. Physik bleibt ebenso unentbehrlich wie andere Naturwissenschaften. Doch wir müssen unseren bisherigen Unterricht grundsätzlich durchdenken und weiterentwickeln.

Im Basisartikel habe ich unterschiedliche Erscheinungsformen des fächerübergreifenden Unterrichts charakterisiert. Nicht alle von ihnen kommen in den Praxisbeiträgen vor und diejenigen, die vorkommen, sind nicht in allen Punkten idealtypisch. Die Unterrichtspraxis hat das so an sich: Stundentafeln, persönliche Vorlieben, die Schulausstattung oder der Lehrplan gestalten mit, was mit einer scheinbar klaren Idee beginnt.

Die weitestgehende formale Veränderung für das Schulsystem beschreiben H. Pregler, U. Schatka und R. Seidel mit dem Lehrplan „Naturwissenschaften“ des Landes Bremen. Darin werden fächerübergreifende Themen wie „Körper – Kleidung – Klima“ ausdrücklich empfohlen und mit Handreichungen inhaltlich und methodisch gestützt.

A. Kremer und L. Stüdel berichten von einer Lehrerin, die entlang der Fragen und Antworten von Schülerinnen und Schülern zum Thema „Energie im Alltag“ das Lernen in Zusammenhängen fördert. Das es dabei auch zu einem „Kartoffelfest“ kommt, ist die eine, die fröhliche Seite des Unterrichts. Doch sie gehen auch auf Notwendigkeiten und Schwierigkeiten des fächerübergreifenden Unterricht ein.

Die Projektgruppe „PING“ stellt einen Ausschnitt ihrer Entwicklungsarbeit zum integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht vor, die seit etwa drei Jahren in den Gesamtschulen Schleswig-Holstein stattfindet und inzwischen auch in anderen Bundesländern und von anderen Schularten aufgenommen wird. Im Vordergrund stehen Aktivitäten, die Schülerinnen und Schüler selbsttätig bearbeiten, wobei sie in allgemeine Erkenntnismethoden eingeführt werden.

W. Roer zeigt, wie Lehrerinnen und Lehrer aus unterschiedlichen Fächern zusammenarbeiten und dabei lernen, fächerübergreifend zu unterrichten. Sie stellen „Haus“ curricula für ihre Schulen auf und nutzen die vielen Anregungen, die es im öffentlichen Buchhandel und auf dem halböffentlichen Schulmaterialmarkt gibt. Eine Auswahl geeigneter Titel hat W. Roer für dieses Heft zusammengestellt.

Kleider und Kartoffelfest, Sonnenkulturen und „kleinigel“ sollten Sie in diesem Heft nun nicht mehr überraschen. Vielleicht lassen Sie sich von den Beiträgen anregen, das eine oder andere zur Ausgestaltung Ihres Unterrichtsalltags zu nutzen, oder sie werden hin und wieder zum Grenzgänger am Rande fachlicher Ungewissheit, der sich mit Kolleginnen und Kollegen anderer Fächer zum gemeinsamen Unterricht trifft.

Von Roland Lauterbach

Naturwissenschaften im
Unterricht
Physik

Heft 15, Dezember 1992,
3. Jahrgang

Fächerübergreifender Unterricht

Herausgeber: Dr. Roland Lauterbach, Kiel

Basisartikel

Roland Lauterbach
Physikalische Bildung kennt keine Fächergrenzen –
fächerübergreifender Unterricht als Prinzip und Aufgabe 4

Unterrichtspraxis

Lea Stüdel und Armin Kremer
Ein Kartoffelfest im Physikunterricht oder:
Von den Schwierigkeiten fächerübergreifenden
naturwissenschaftlichen Unterricht
durch Materialien zu unterstützen 10

Roland Lauterbach und andere
„Ich und die Sonne“ – ein Themenbeispiel aus dem Projekt 16

Wilhelm Roer
Es geht auch anders!
LehrerInnen entwickeln fächerübergreifenden
naturwissenschaftlichen Unterricht 24

Hubert Pregler, Ulrich Schatka und Ralf Seidel
FUN: Spaß an Fächerübergreifenden Unterrichtsvorhaben
Naturwissenschaften 31

Wilhelm Roer
Arbeitsmaterialien 36

Magazin

„Kinder an die Macht“
Neue Abteilung „La Cité des Enfants“ eröffnet 39

Neue Abteilung „Astronomie“ im Deutschen Museum eröffnet 39

Resolution des Bundeselternrates zum Thema mathematisch-
naturwissenschaftlicher Unterricht 40

Resolution der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
zum Qualifikationsprofil des wissenschaftlichen Nachwuchses 40

BundesUmweltWettbewerb 41

Vorschau/Rückschau/Impressum 42

Kurzfassungen 45