

2. Faradays Kerze, frei nach Wagenschein

**Faradays Kerze –
Der Lehrstückgrundriss in zwanzig Bildern**

von Susanne Wildhirt

**Faradays Kerze in einer
einklassigen Dorfschule (1-6)**

von Markus Koller

**Zweihundert Bienenleben für
ein Glas Honig. Kurzbericht
über eine Kerzenouvertüre**

von Adrian Spirgi

**Die Kerze nach Michael
Faraday – Ein Lehrstück auf
der Mittelstufe (5/6)**

von Ulrike Bühler

**Faradays Kerze in der Achten
– Ein Kurzbericht**

von Annemarie Hensinger

**Die Erinnerungskerze –
Ein Kurzbericht**

von Andreas Suhner

**Warum Faradays Kerze
mein erstes Lehrstück wurde**

von Regula Schaufelberger



Einführung der Herausgeber: 1. „Bei Michael Faradays ‚Naturgeschichte einer Kerze‘... strahlen die physikalischen (und auch chemischen) Erfahrungen aus von einem einzigen Ding... noch dazu ist dieses Ding eine Kerze: Sie zieht die Blicke an, sie macht die Augen rund und sammelt die Köpfe um sich, sie erregt das Nachdenken in ihnen auf eine eigentümliche sanfte Weise und beschenkt uns mit Verbindungen zur ganzen Physik (des Vordergrundes). Faradays ‚Kerze‘ sollte jeder Lehrer kennen!“ – So Wagenschein 1962. Und tatsächlich: Die Nachschrift der sechs in den Weihnachtsferien 1860/61 gegen ein geringes Eintrittsgeld von Michael Faraday für die Londoner Jugend gehaltenen „Lectures on the Chemical History of a Candle“ findet sich in erstaunlich vielen Bücherschränken meiner Kolleginnen und Kollegen – ob Chemiker oder nicht.

Seit Mitte der 1980er Jahre wird die „Kerze“ in der Lehrkustdidaktik diskutiert und Faradays Vorlage nachgestaltet und ausprobiert. Neben den größtenteils veröffentlichten Unterrichtsdurchführungen von Hartmut Klein, Ortwin Johannsen, Ueli Aeschlimann und Dirk Rohde in Zusammenarbeit mit Christoph Berg lag als Grundlagentext für die Arbeit der Thurgauer Lehrkunst-Werkstatt der Unterrichtsbericht von Eberhard Theophel vor (Lehrkunst '95, S. 288-304).

Hier im Kanton Thurgau wurde im Lauf des Werkstattprozesses die „Kerze“ zum meist gewählten und unterrichteten Lehrstück des Kurses. Dabei stellte sich eine für die Lehrkunst typische Eigenheit heraus: Einerseits: Jeder, der die Kerze unterrichtet, der „inszeniert“, „erprobt“ oder „variiert“ eine Vorlage. Niemals jedoch wird diese Vorlage kopiert, sondern an Schulsituation, Schülervoraussetzungen und individuellen Unterrichtsstil angepasst. Andererseits: Das Kerzenlehrstück zeichnet sich durch einen sehr klaren, stabilen Grundriss aus, es ist in Akte und Szenen gegliedert, die sich deutlich voneinander abheben. So ist in diesem Buch eine bunte Sammlung unterschiedlicher Inszenierungen zu lesen, die sehr viele Gemeinsamkeiten gegenüber der Vorlage Faradays haben.

Beides, die Freude des Lehrers über eine gelungene Lehrstückinszenierung und die Stabilität der Lehrstück-Grundfigur mag zum Teil in der Natur der Sache liegen: Wer ein Lehrstück unterrichten will, identifiziert sich häufig in solchem Maß mit der Sache, dass er sie rasch ergreift und sich auf persönliche Weise aneignet, zugleich aber auf intensive Beratungen in den Lehrstückgruppen und auf Unterrichtserfahrungen der Kollegen zurückgreifen und aufbauen kann.

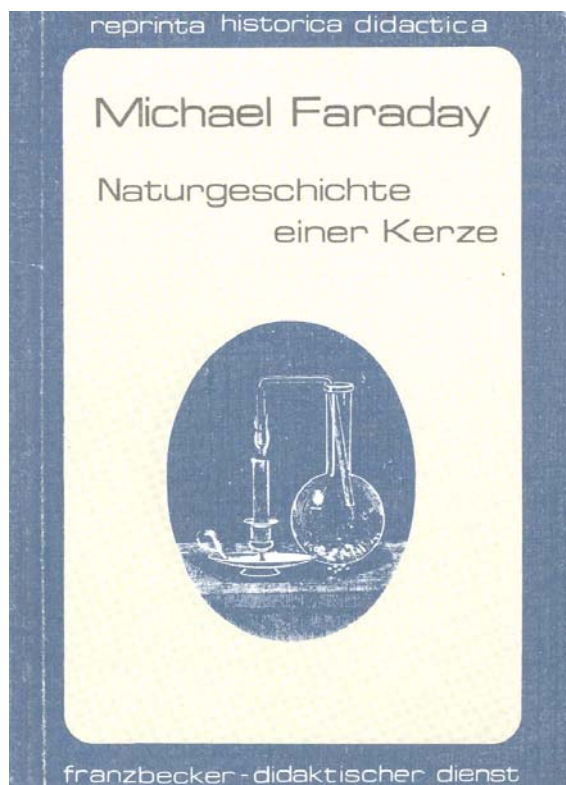
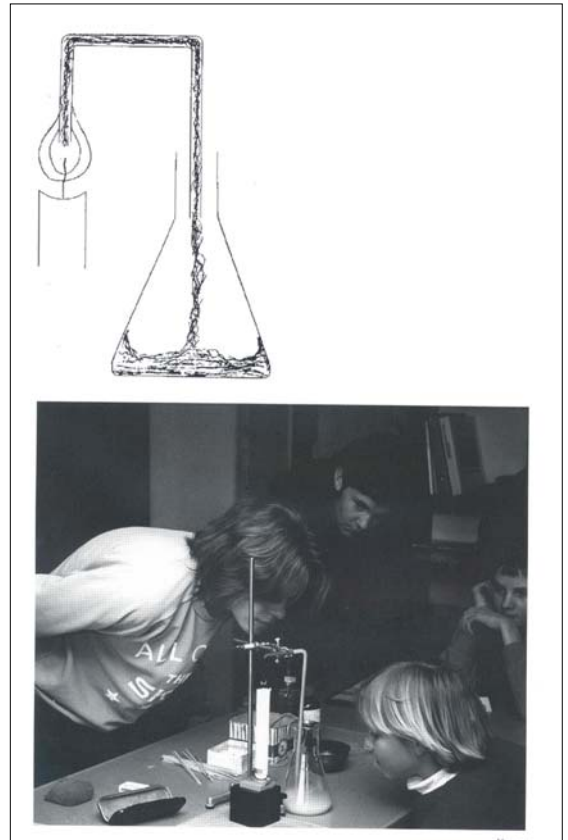
2. Beides liegt aber vor allem in der Natur der lehrkustdidaktischen Methodentrias:

(1) Exemplarisch: Das gewählte Unterrichtsthema ist ein besonderes Exempel, das voller Phänomene steckt: Die Kerze strahlt mich an und ich, lernend und lehrend, strahle zurück mit all meinen Fragen, meiner Muße, meiner Neugier und meinem Staunen, meiner Ehrlichkeit gegenüber dem, was ich weiß, halb weiß oder noch gar nicht weiß.

Es bleibt in der Hand und im Fingerspitzengefühl der Lehrenden, das Vermögen, die Ausdauer und Bereitschaft der Schülerinnen und Schüler einzuschätzen: ob sie die Produkte der Verbrennung nachweisen oder aufzeigen, wie weit sie Seitengebiete des Themas (Kulturgeschichte der Kerze/der Feuerbeherrschung, Religion: Kerzensymbolik, Physik: Optik, Literatur: Märchen, Gedichte...) zum Tragen kommen lassen wollen oder nicht.

Freilich gilt immer: Die „Kerze“ will exemplarisch unterrichtet sein, ihr Licht muss zum Leuchten kommen. An ihr müssen Hypothesen entwickelt und geprüft und mit ihr Experimente aufgebaut und durchgeführt werden. Doch darf sich das Lehrstück nicht weiter vom Phänomen der Kerze entfernen als ihr Licht zu leuchten vermag. Es gibt eine natürliche Phänomengrenze, die allerdings auch Faraday gelegentlich überschritten hat. Faraday selbst weist gleich zu Beginn auf die exemplarische Ausstrahlungskraft der Kerze hin, denn „stände die Wahl nur in meinem Belieben, so möchte ich dieses Thema wohl jedes Jahr zum Ausgang meiner Vorlesungen nehmen, so viel Interessantes, so mannigfaltige Wege zur Naturbetrachtung im Allgemeinen bietet dasselbe dar. Alle im Weltall wirkenden Gesetze treten darin zu Tage oder kommen dabei wenigstens in Betracht, und schwerlich möchte sich ein bequemerer Thor zum Eingang in das Studium der Natur finden lassen.“

Und ganz nebenbei strahlt die Kerze auch in die „Vertikale“: Übergeordnete Lebensfragen treten zu Tage, wenn in der Flamme die Ausgangsprodukte wieder zu Endprodukten der Verbrennung werden. Denn: „Gibt es in dieser Welt etwas ganz Anderes, Neues, und wenn ja, wann und wo tritt es auf?“ Oder: „Nichts geht verloren!“, lautet eine tiefe Erkenntnis des Kerzenunterrichts, die Lehrer wie Schüler ergreift. Oder: „Wenn ich weiß, dass ich selbst ein Teil der Natur bin und von ihr abhängе wie sie von mir, wie anders stehe ich dann mit beiden Füßen auf der Erde?!“ Denn die Kerze hilft uns unsere eigene Stellung in der Natur



zu verstehen. Wie sie sind wir durch die Pyrolyse (gr. „Feuer-Scheidung“) eingebunden in den Kohlenstoffkreislauf; wir stehen mit ihr, indem sie Kohlenwasserstoffe verbrennt und wir sie veratmen, den grünen Pflanzen gegenüber, die aus den Verbrennungsprodukten in der Photosynthese (gr. „Licht-Verbindung“) wieder neue Kohlenwasserstoffe herstellen.

Mit den Worten Faradays: „Und so sehen wir denn Alles sich regen zu dem einen großen Werke, die beiden lebendigen Reiche der Schöpfung einander dienstbar zu machen. Alle Bäume, Sträucher und Kräuter der Erde nehmen Kohlenstoff auf; sie nehmen ihn durch die Blätter aus der Luft, in die wir und alle Thiere ihn in Gestalt von Kohlensäure entsendet haben, und sie wachsen und gedeihen darin. Gebt ihnen ganz reine Luft, wie sie uns am dienlichsten ist – sie werden dahinwelken und absterben; gebt ihnen Kohlensäure, und sie werden wachsen und sich wohlbefinden. Alle Kohle in diesem Stück Holz, ebenso wie in allen Pflanzen, stammt aus der Atmosphäre, welche die Kohlensäure aufnimmt, die uns schädlich, jenen aber nützlich ist – was dem Einen den Tod brächte, dem Andern bringt es das Leben. Und so sehen wir Menschen uns abhängig nicht nur von unseren Nebenmenschen, sondern abhängig von aller Mitkreatur, sehen uns mit dem All der Schöpfung zu einem großen Ganzen verbunden durch die Gesetze, nach denen jedes Glied zum Heile der anderen lebet und webet und schafft.“

(2) Genetisch: Viel Wissen der Menschheit hat sich im Kerzen-Exempel versammelt: Von den Erfahrungen des Kerzenziehens der Ägypter über Priestleys Photosynthese-Versuch bis zu Lavoisiers Sauerstoff-Theorie. Das Wunderbare an der „Kerze“ ist, dass diese kulturgenetischen Erkenntnisse von den Kindern frisch und neu in eigene, individualgenetische Fragestellungen verwandelt werden und ihre Erkenntnisse gleich denen der Forscher wachsen und sich „einwurzeln“ (Wagenschein in Anlehnung an Simone Weills Begriff des *enraicements*) werden. Denn die Forscher standen mit den gleichen Fragen wie die Kinder staunend vor der Kerze und fanden heraus, dass Wachdampf um den Docht herum verbrennt, dass der dabei entstehende aufsteigende Luftstrom die Flamme mandelartig formt und im Docht das flüssige Wachs empor gesogen wird, dass Ruß die Flamme warmgelb aufleuchten lässt und Wachs mit Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser verbrennt. Dabei gestaltet sich der Wissenszuwachs organisch, nicht additiv.

Je nachdem, an welcher Frage wir im Unterrichtsprozess gerade stehen: Die Schüler kommen in ein produktives Suchen, Finden und kritisches Prüfen, sie nehmen Einfluss auf den Verlauf des Unterrichts.

Die Auswahl der Experimente im Kerzenlehrstück ist in den verschiedenen Inszenierungen nahezu identisch. – Sicher gibt es ein paar Muss- und ein paar Kür-Versuche, aber die Reihenfolge der Unterrichtsstationen wechselt je nach Fragehaltung der Schülergruppe.

(3) Dramaturgisch: Seine entscheidenden Impulse enthält der Unterricht zu Beginn. Von dort aus entwickeln sich die Spannungsbögen der Fragestellungen für die nächsten Stunden, eventuell sogar für die Dauer der gesamten Einheit. So jedenfalls wünschen wir es uns und unseren Schülern. – Doch richten wir uns im Unterrichtsprozess auch danach? Sorgen wir nicht allzu oft dafür, dass die Neugierde unserer Schüler im Verlauf des Unterrichts durch schnelle Antworten in dem Maße sinkt, in dem wir sie in einer Sache unterrichtet haben?

Hier entspricht die Lehrkunstdidaktik Brechts offenem Theater: Auch und gerade wenn am Ende des Unterrichts die Sachfragen geklärt sind, soll das anfängliche Staunen über sein Gehalt noch erhalten sein. Die Lehrstück-Dramaturgie verfolgt – wenn möglich – die Konzeption eines zugleich runden und öffnenden Schlusses: Im Finale fokussieren sich die Anfangsfragen und können von nun wissenden, aber immer noch staunenden Schülern beantwortet werden. Das bedeutet: Ein dramaturgisch durchgestaltetes Lehrstück braucht eine Ouvertüre.

Als im Herbst 2000 die „Kerze“ in der Thurgauer Lehrkunstwerkstatt präsentiert wurde, gab es noch keine Kerzenouvertüre. Das Lehrstück begann mit einer „Sogfrage“, einem „ebenso niedlichen wie einfachen Experiment“ (Faraday), dem Flammensprung: Ein in die Wachsdampfahne einer gerade ausgepusteten Kerze gehaltenes brennendes Streichholz bringt die Kerze wieder zum Brennen. Ein Teil der Flamme springt vom Streichholz auf den Docht hinunter und entzündet die Kerze. Wunderbar lässt sich an diesem Experiment die Frage entwickeln, was eigentlich brennt – der Docht oder das Wachs?!

Und schwupp, sind wir mittendrin im Prozess der physikalischen Kerze und entdecken die Aggregatzustände, die unterschiedlichen Zonen der Flamme, usw.

Im Herbst 2002 lernten die Teilnehmer der Werkstatt einen neu „komponierten“ „Kerzen-Einstieg“ kennen (Rohde/Wildhirt/Berg), der sich auf die Dramaturgie des gesamten Lehrstücks auswirkt: Der Unterricht beginnt mit der Fragestellung: „Kerze: Woher? – Wohin?“ Im sokratischen Gespräch verfolgen wir zuerst in die Richtung des „Woher?“ den Produktionsprozess des Wachses zurück zu den Pflanzen und eröffnen im zweiten Schritt erst den Unterrichtsprozess in die andere Richtung, wohin die Kerze verschwindet, wenn sie verbrennt.

Am Ende des Lehrstücks werden die Schüler das Kohlenwasserstoff-Drama miterleben, in dem das „Woher“ und das „Wohin“ sich treffen. Sie werden erkennen, dass die Kerze zu Kohlendioxid und Wasser wird, und beides brauchen – neben Sonnenlicht und Erde – die Pflanzen zum Leben. So schließt sich der „Kerzenkreislauf“, den die Schüler abschließend auf einem großen Plakat zeichnen werden.

Zur Dramaturgie gehört auch, den Schülern beim Erklettern des Erkenntnisgipfels Wege zu bahnen und Sicherungen einzupflocken, damit keiner stolpert oder sich versteigt. Im Kerzenlehrstück gibt es eine solche Gefahrenzone an der Stelle, wo die direkte Betrachtungsweise der Physik zur ungewohnten, wenig vorhersehbaren und voller Überraschungen steckenden chemischen Analyse wechselt. Wer hier mit physikalischer Fragehaltung weiterpuzzelt, droht sich zu verfusseln. – Aus solchen Fehlern lernen wir alle in der kollegialen Werkstattunde, denn sie sind notwendig, damit der Lehrstück-Unterricht weiterentwickelt werden kann, wovon alle profitieren.

3. Die fünf Lehrstückberichte:

Markus Koller als einer der jüngsten Werkstatt-Teilnehmer hat die Kerze in Anlehnung an den neuen Lehrstück-Grundriss im Winter 2002 durchgeführt. Sein – auch kritischer – Bericht ist vorangestellt, weil er am besten über den gegenwärtigen Entwicklungsstand des Kerzenlehrstücks orientiert.

Adrian Spirgis Kurzbericht zeigt den Werkstattprozess sehr deutlich: Wird eine Neukomposition vorgestellt und für gut befunden, findet sich auch jemand, der sie unterrichten will. Adrian Spirgi hat zu unserer Freude im Oktober 2002 direkt zugepackt, die Kerze samt neuer Kerzenouvertüre im darauf folgenden Winter inszeniert und gezielt zwei Unterrichtsszenen aufgegriffen und erzählt.

Die anderen Berichte stammen aus den Jahren 2000/2001:

Ulrike Bühler zeigt in ihrem ausführlichen Unterrichtsbericht, wie leicht sich der Kerzenunterricht als Ganzer in die Lernlandschaft des Thurgauer Lehrplans einfügt. Ihr besonderes Verdienst ist es, die Person Michael Faradays stärker in den Unterricht einzuflechten, als dies bislang geschehen ist. Geschickt verbindet sie den Forschergeist und die Protokolltechnik des Autodidakten Faraday mit der von ihr bevorzugten Technik des Reisetagebuchs (siehe erster und zweiter Akt ihres Berichts).

Annemarie Hensinger richtet in ihrem Kurzbericht ihr Augenmerk auf die Nahtstelle zwischen physikalischer und chemischer Kerze.

Regula Schaufelberger verdeutlicht aufgrund mehrfacher Unterrichtserfahrung mit der Kerze die „Strahlkraft“ des Phänomens (in: „Motivation durch Faszination“) und den genetischen Ansatz (in: „aktives, eigenständiges Forschen“ und: „Die Lehrkraft lernt mit“).

Andreas Suhner lenkt den Blick auf eine sehr schöne Szene aus dem ersten Akt des Kerzenunterrichts: Die Schüler sollen eine „Erinnerungskerze“ malen. Was nicht so einfach ist, schult gleichermaßen Beobachtungsgabe und ästhetisches Empfinden – eine Mühe, die sich lohnt!

Susanne Wildhirt/Hans Christoph Berg

Faradays Kerze – Der Lehrstückgrundriss in zwanzig Bildern

von Susanne Wildhirt

Einführung

Das Feuer begeistert jeden Menschen, der Umgang damit ist eine der ältesten Kulturleistungen, mit jeder Zivilisation innig verbunden, und es zeigt viele wesentliche physikalische und chemische Prozesse. Dieser Meinung war auch Michael Faraday. Als einer der berühmtesten naturwissenschaftlichen Forscher und Vortragsredner aller Zeiten führte er Jugendliche in dieses Thema anhand einer brennenden Kerze ein. Denn „stände die Wahl nur in meinem Belieben, so möchte ich dieses Thema wohl jedes Jahr zum Ausgang meiner Vorlesungen nehmen, so viel Interessantes, so mannigfache Wege zur Naturbetrachtung im Allgemeinen bietet dasselbe dar. Alle im Weltall wirkenden Gesetze treten darin zu Tage oder kommen dabei wenigstens in Betracht, und schwerlich möchte sich ein bequemerer Tor zum Eingang in das Studium der Natur finden lassen.“ Mit diesen Worten begrüßte Michael Faraday im Jahre 1861 die Jugendlichen, die seine Weihnachtsvorlesungen zur „Naturgeschichte einer Kerze“ besuchten. Unser Lehrstück nimmt den didaktischen Geniestreich Faradays auf, die Kerze zum Mittelpunkt einer Einführung in die Naturwissenschaften oder in die Chemie zu wählen. Sein genialer Griff ist als Mitschrift seiner Experimentalvorlesung erhalten geblieben (Michael Faraday: Naturgeschichte einer Kerze. Buck, P. (Hg.), Reprinta historica didactica, Bd. 3, Franzbecker, Bad Salzdetfurth 1979, Zitat: S. 25), und diese ist die Vorlage für unseren Kerzenunterricht. 150 Jahre später folgten wir seiner Lehridee, griffen aus seinen rund 100 Experimenten zentrale Versuche heraus und gestalteten das Lehrstück für unsere heutigen Anforderungen.

Wer die „Kerze“ mehrfach unterrichtet hat, wird festgestellt haben, dass immer wieder dieselben Fragen an ähnlichen Stellen im Erkenntnisprozess auftauchen, mal aus Schülermund, seltener vom Lehrer gestellt. Im genetischen Unterricht bestimmen diese Fragen den Weitergang, führen von einem Versuch zum nächsten, dramaturgisch gesprochen von Szene zu Szene, oder – im größeren Zusammenhang betrachtet – von Akt zu Akt. Spürt man dem Erkenntnisprozess der Lerngruppe nach, ergibt sich ein sachlich bedingtes Grundmuster des Unterrichtsverlaufs, das zugleich offen ist für Besonderheiten individueller Inszenierungen: die Lehrstückgestalt.

Anhand von Leit- oder Szenenbildern lässt sich die Komposition des Kerzenlehrstücks besonders gut verdeutlichen. Die folgenden Abbildungen stammen weitgehend aus meiner Hand und dienen der Vergegenwärtigung des Lernprozesses. Zu allen Überlegungen, Informationen, Ideen und Experimenten fertigen die Kinder im Verlauf des Unterrichts Zeichnungen oder Texte an, die diesen Szenenbildern entsprechen und im eigenen Schülerheft einen lebendigen Eindruck ihres Lernprozesses wiedergeben.

Ouvertüre

1. Vier Bienenwachskerzen, die bereits unterschiedlich lange gebrannt haben, stehen zu Beginn in einer Reihe auf dem Pult und spenden das einzige Licht im Raum. Unter der Leitfrage: Kerze: woher – wohin? wird zunächst festgestellt, woher das Wachs eigentlich kommt: Wir gelangen zu den Bienenwaben und dem Wachs, das Arbeitsbienen aus Segmenten ihres Unterleibs schwitzen, während sie von Blüte zu Blüte fliegen, trinken und mit Pollen und Nektar bepackt zurück zum Stock fliegen, um Nahrung zu bringen und weitere Waben zu bauen. Also stammen die Waben ursprünglich von den Bienen, und der Baustoff dafür von den Pflanzen! – Brauchen die Pflanzen eigentlich auch etwas, um Nektar liefern zu können für die Bienen, für die Waben, für die Kerzen? Sie brauchen Nährstoffe, Regenwasser oder Tau, Sonnenenergie und Kohlendioxid. Beim gründlichem Nachdenken im sokratischen Gespräch gelangen wir letztendlich zu den vier historischen Elementen der Antike – Erde, Wasser, Licht und Luft –, aus denen die Kerze im Ursprung hervorgeht. Stellvertretend für diese ungeheure Stofffülle werden auf dem Pult schließlich aufgebaut: eine Wabe, eine Bienenweide und vier Gefäße mit Wasser, Erde und – eher symbolisch – Licht und Luft.

Wenden wir uns der anderen Seite unserer Kerzenreihe zu, so stellen wir fest, dass die kleinste Kerze bald verlöscht sein wird. Wohin geht eine Kerze, wenn sie verbrennt? Wird sie, so wie es scheint – Nichts? Um dieser Frage nachgehen zu können, müssen wir zunächst eine brennende Kerze genau betrachten. Denn das Brennen ist offensichtlich verantwortlich dafür, dass eine Kerze immer kleiner wird und kleiner, und schließlich ganz verschwindet. Bleibt wirklich gar nichts von ihr übrig? Dies ist die Sogfrage, der wir gemeinsam mit Michael Faraday nachspüren in den kommenden Unterrichtsstunden.

2. Wissen wir eigentlich genau, wie eine brennende Kerze aussieht? Wir versuchen sie aus unserer Erinnerung heraus zu zeichnen und vergleichen anschließend, wenn jeder seine eigene Kerze auf dem Schülerpult stehen und entzündet hat, unsere Vorstellung mit der Realität: Auf dem Docht sitzt die Flamme in Form einer Mandel, warm gelb-orange leuchtet der Flammenmantel, dunkelbraun erscheint der Flammenkern, umgeben ist die Flamme von einer Aura warmen Lichts. Beim näheren Hinsehen erkennen wir, dass der Flammenmantel in Dochnähe auf einem dicken blauen Mantelsaum sitzt, der im oberen Bereich dünner wird, in ein dunkles Orange übergeht und zur Spitze hin sich wieder verbreitert.

3. Schließlich machen wir uns vertraut mit Michael Faraday und seiner Forscherleistung, seiner Forschungsmethode, die Modell wird für unsere Vorgehensweise, und vor allem mit der Mitschrift seiner Weihnachtsvorlesungen, die uns helfen soll, die Kerze besser zu verstehen.



1. Kerze: Woher – Wohin?



2. Erinnerungskerze



3. Faradayvorlesung

I. Akt: Was brennt: Der Docht oder das Wachs? – Die physikalische Kerze

4. Alsdann führen wir mit Faraday ein erstes Experiment durch, das uns mitten hinein führt in die spannende Frage nach dem Brennstoff einer Kerze: der Flammensprung. Wenn eine Kerze ausgepustet wird, entweicht dem Docht eine weiße Nebelfahne, die sich mit einem brennenden Streichholz wieder entzünden lässt. Ein Flämmchen springt vom Streichholz zum Docht herab, und wieder brennt die Kerze. Der Flammensprung hat die Suche nach dem Brennstoff initiiert. Im Verlauf des ersten Aktes wird die Kerze weiterhin physikalisch betrachtet und dabei der Wachsampf als das eigentlich Brennbare identifiziert. Er wird im Hohlraum um den Docht lokalisiert, wohin er gelangt, weil er flüssig vom Wachssee durch Kapillaren im Docht angeliefert und durch die Hitze inmitten der Flamme in den gasförmigen Zustand versetzt wird. Die Schülerinnen lernen die Aggregatzustände des Wachses kennen, schlagen die allermeisten Versuche selbst vor und führen sie eigenständig durch.

5./6. Was also brennt – der Docht? – das Wachs? Die Verfechter der Dochttheorie entzünden einen nagelneuen Baumwoll-Docht. Entgegen ihrer Erwartungen glimmt er nur ein wenig vor sich hin und erlischt schließlich, weil ihm die Nahrung fehlt. Also muss es das Wachs sein, das brennt. Der Kerzenkörper jedoch brennt nur oben am Docht, denn sonst würde ja die ganze Kerze in Flammen stehen. Erst wenn wir das feste Wachs erhitzen, es zuerst flüssig und schließlich dampfig wird, lässt es sich entzünden. Ein Flammenmeer bildet sich im siedenden Wachs aus einem Tiegel über dem Bunsenbrenner.



4. Der Flammensprung



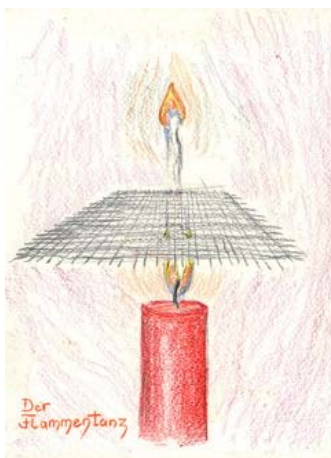
5. Die Kapillarwirkung des Dochts



6. Das Flammenmeer

7. Den festen Zustand des Waxes finden wir im Kerzenkörper, den flüssigen im kleinen Wachssee, der sich unterhalb der heißen Kerzenflamme am oberen Rand des Kerzenkörpers gebildet hat. Aber wo befindet sich in der Kerze dampfiges Wachs? – Man müsste hineinsehen können ins Flammeninnere. Wieder hilft Faraday und zeigt einen Trick, wie das gelingen kann: Mit Hilfe eines unverzinkten Drahtgitters, das knapp oberhalb des Dochtes waagrecht in die Flamme gehalten wird, lässt sich die Flamme quer „aufschneiden“. Ein Flammenkelch ist unterhalb des Gitters zu sehen, und aus seinem hohlen Zentrum, dem Flammenkern, entweicht weißer Wachs­dampf, der sich oberhalb des Gitters sogar anzünden lässt. Eine Flämmchenspitze tanzt über dem Gitter auf und ab, wenn wir es leicht bewegen, sie wird beim Aufsteigen blässer, lässt sich wieder aufs Gitter zurückholen und ist im nächsten Moment ent­flogen.

8./9./10. Der Dampf aus dem Inneren der Flamme muss also der Brennstoff der Kerze sein. Stimmt das wirklich? Wenn wir ihn einsammeln, können wir feststellen, ob es sich tatsächlich um Wachs handelt. Dies gelingt auf zweifache Weise: kurzzeitig durch ein kleines Glasröhrchen, mit dem man den Dampf ableiten und am Ende anzünden kann, so dass eine kleine Tochterflamme entsteht, und nachhaltiger mithilfe eines Versuchs, dessen Aufbau auf dem Titelbild seiner „Naturgeschichte“ zu sehen ist: mit einer Dampfleitung, die vom Flammeninneren über ein am Stativ befestigtes Glasrohr zu einem großen Kolben führt, der sich allmählich mit fließendem weißen Nebel füllt und anschließend über einer brennenden Kerze ausgeschüttet wird. Eine Stichflamme erhebt sich über der Kerze, und im Kolbeninneren bleibt eine dünne weiße Wachsschicht zurück. Doch weder im Kolben noch in der Glasleitung hat der Wachs­dampf gebrannt, sondern lediglich an der frischen Luft. Ihm fehlt in den Glasgefäßen der Luftsauerstoff, ohne den jede Flamme „erstickt“.



7. Flammentanz



8. Tochterflamme



9. Wachsdampf sammeln



10. Ersticken der Flamme.

II. Akt: Was passiert in der Flamme? – Die chemische Kerze

Im zweiten Akt steht die Kerzenflamme im Mittelpunkt der Betrachtung. Die Schülerinnen und Schüler lernen Ruß als Zwischenprodukt, Wasser und Kohlendioxid als Endprodukte des Verbrennungsprozesses kennen und begegnen zum ersten Mal der Chemie, derjenigen Wissenschaft, die grundlegende Verwandlungen von Stoffen analysieren kann.

11. Schon beim Flammentanz kann man beobachten, dass schwarzer Ruß aus der Flamme entweicht, wenn wir das Gitter in den Flammenmantel halten statt in den Flammenkern. Auch unsere Glasröhrchen sind am Ende voller Ruß. Die Kerze wird zum Rußen gebracht, und wir stellen fest: Sobald eine Flamme beim Brennen gestört wird, rußt sie. Das ist alltäglich: Jeder kennt rußende Kerzen – aber diese Beobachtung ist uns in ihrer Merkwürdigkeit dennoch kaum bewusst. Wie kommt das – schwarzer Ruß aus einer weißen Kerze? Wir probieren verschiedenfarbige Kerzen aus, um uns richtig klar zu machen, dass die Kerze eigentlich schwarz sein müsste. Und weiter: Sobald die Flamme wunderschön mandelförmig und ungestört brennen kann, ist der Ruß wieder verschwunden! Ruß, das heißt elementarer Kohlenstoff, muss also bei der Verbrennung kurzzeitig entstehen. Der Kerzenwachsdampf muss sich beim Brennen verwandeln, Ruß als völlig neuer Stoff muss wohl dabei entstehen. Er ist weder vorher noch nachher zu finden, sondern nur in der Flamme selbst.

12./13. Wir betrachten die Projektion einer brennenden Kerze im Licht eines Diaprojektors: Ein am Flammensaum aufsteigender Luftstrom formt die Flamme, erhitzt sich dabei und bildet an der Flammenspitze einen deutlich sichtbaren Wirbel. Nun finden wir zur Lösung des erstaunlichen Phänomens: Der wachsdampferfüllte Flammenkern, dort, wo die Flamme dunkel ist und kein Licht gibt, erscheint im Flammenbild auf der Leinwand hell. Der Flammenmantel jedoch, der am hellsten strahlt, wirft in der Projektion einen dunklen Schatten. Dort müssen sich feste Teilchen befinden, die kein Projektorlicht durchlassen. – Ruß? Unsere Vermutung wird durch ein Feuerwerk bestätigt: Nacheinander werden Aluminiumstaub, Eisen- und Kupferspäne in die nichtleuchtende Bunsenbrennerflamme gepustet. Sie leuchten weißgelb, rot und grün. Erst wenn Ruß oder Kohlenstaub in die Flamme gepustet wird, leuchtet die Bunsenbrennerflamme im warm-orangen Farbton unserer Kerzenflamme.

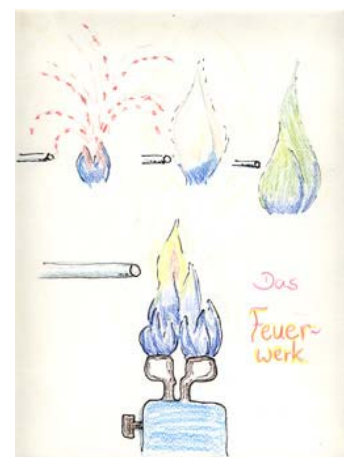
Ruß also ist Träger der Leuchtkraft, er glüht in der Flamme und spendet dabei Wärme. Ruß ist verbrennender Wachsdampf, der aus der Kerze stammt und sich auf dem Weg durch die heiße Flamme grundlegend verwandelt. Am Flammenrand, wo er mit dem aufsteigenden Luftstrom in Berührung kommt, verschwindet er im Verglühen. Er ist ein echtes „Zwischenprodukt“ der Verbrennung, denn er lässt sich lokalisieren auf die helle Zone des Flammenmantels zwischen Wachsdampf im Flammenkern und Luftstrom jenseits des Flammensaums. Im Leuchten und Wärmen verschwindet die Kerze. Endgültig? Nichts bleibt mehr? – Hier empfiehlt sich ein Innehalten, während dem alle ihre Gedanken zum Ausdruck bringen, in Form eines Gedichts, eines Essays, eines Bildes... .



11. Schwarzer Ruß aus weißer Flamme?



12. Projektion der Flamme.



13. Das Feuerwerk

Es zeigt sich, dass uns Menschen unwohl ist bei dem Gedanken des Verschwindens von Stoffen aus der Welt. Er hat etwas existentiell Bedrohliches an sich, lässt uns keine Ruhe, sondern weiter fragen entgegen

offenkundiger physikalischer Beobachtung. Wir müssten noch genauer – vielleicht anders – experimentieren können, um herauszufinden, ob unser bisheriges Untersuchungsergebnis wirklich stimmt. Zwei Anhaltspunkte zum Weiterforschen haben sich ergeben. Erstens: Alle haben die heißen Luftwirbel über der brennenden Kerze in der Flammenprojektion beobachtet. Und zweitens: Immer, wenn wir mit der Kerze experimentieren, haben wir in das Gefühl, dass die Luft im Raum sehr stickig wird, und lüften deshalb sehr häufig. Könnte man das „Stickig-Strudelnde“ über der Flamme irgendwie einfangen und analysieren?

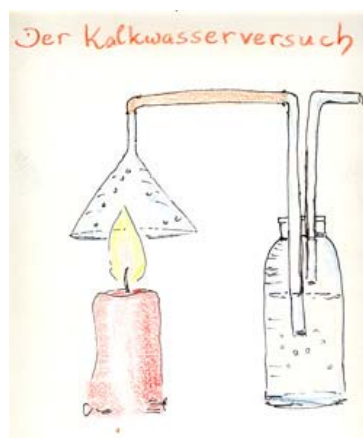
14. Wenn man ein feuerfestes Glas schräg über die Flamme hält, beschlägt es sofort. Wieder hilft uns Michael Faraday, diesmal mit einer komplizierteren Apparatur, bei der chemischen Analyse der Verbrennungsprodukte: Durch eine Wasserstrahlpumpe gelingt es, den Luftwirbel über der Kerze abzusaugen. Wir leiten ihn durch ein U-Rohr, das mit Eiswasser gekühlt wird, damit es besser beschlagen kann. Nach ein paar Minuten sammelt sich irgendeine klare Flüssigkeit im U-Rohr. Nach einer Schulstunde ist das U-Rohr nahezu voll. Voll was? – Es riecht ein bisschen rußig, was keinen verwundert. Faraday erlaubt, einen Tropfen zu probieren. Er schmeckt nach – Wasser. (Es ist tatsächlich Wasser. Faraday erbringt in der dritten Vorlesung einen einfachen Wassernachweis mit dem gerade entdeckten Kalium, das in Gegenwart von Wasser mit violetter Flamme tanzend und zischend verbrennt. Sehr einfach lässt sich das Wasser auch mit einem Streifen rosafarbenem Kobaltchloridpapier erbringen; es verfärbt sich blau, ebenso wie Wasser aus der Leitung.) – Unglaublich! Normalerweise löscht man doch Feuer mit Wasser, hier gewinnen wir in der Luft über der Flamme Wasser mitten aus dem Feuer! Echtes „Feuerwasser“!

15. Für das Erschließen des zweiten Endproduktes der Verbrennung, das Kohlendioxid, haben die in der chemischen Betrachtung noch unerfahrenen Schülerinnen und Schüler keinerlei Anhaltspunkt. Wieder hilft Michael Faraday und führt uns dazu einen Versuch vor: Der heiße Luftstrom über der Flamme wird in eine Waschflasche geleitet, die mit einer klaren Flüssigkeit (der Lauge Calciumhydroxid) gefüllt ist, welche sich sofort milchig-trüb verfärbt (Kalkwasser fällt aus). Dasselbe passiert, wenn wir in eine Waschflasche pusten, die mit dieser Flüssigkeit gefüllt ist, oder wenn wir reines Kohlendioxid hindurchleiten. Frische Luft jedoch trübt die Flüssigkeit nicht (oder besser kaum und erst nach längerer Zeit). Bei der Verbrennung entsteht also ein zweites Neues: „Kohlenluft“, d.h. Kohlendioxid, woraus der Ruß beim endgültigen Verbrennen geworden ist, die stickig riecht und uns mit der Zeit den Atem nimmt.

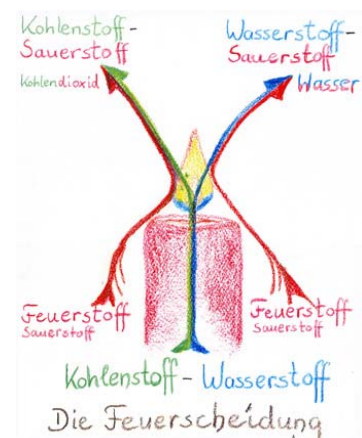
16. Die Kerze ist weder schwarz, noch riecht sie anders als nach Wachs, noch lässt sie sich auswringen. Und doch stammen das Ruß und kurz darauf die Kohlenluft und das Wasser in irgendeiner Weise aus dem Kerzenwachs. Ursprünglich aufs Engste miteinander verbunden, sind Kohlenstoff und Wasserstoff in der Hitze des Feuers voneinander geschieden worden. Beide, der Kohlenstoff und der Wasserstoff, haben am Rand der Flamme einen neuen Partner gefunden, jeder für sich den vorbeiströmenden Sauerstoff (früher nannte man ihn „Feuerstoff“), und entweichen nun als „Kohlenluft“ (oder Kohlendioxid) und „Feuerwasser“ über der Flamme hinaus in die Welt. – Die Chemiker nannte man früher „Scheidkünstler“, weil sie die Kunst verstehen, Stoffverbindungen zu trennen und völlig andere Stoffverbindungen mit neuen Eigenschaften zu analysieren oder gar herzustellen. Ein Gefäß mit Ruß, ein



14. „Feuerwasser“



15. „Kohlenluft“



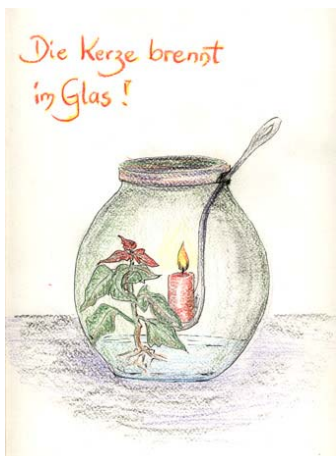
16. Schema Feuerscheidung

Fläschchen „Feuerwasser“ und eine Waschflasche mit Kalkwasser stellen wir in die Kerzenreihe auf dem Pult neben die längst verlöschte kleinste Kerze.

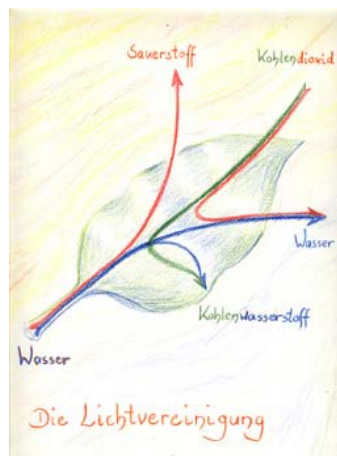
III. Akt: Das Gegenüber der Verbrennung – Die ökologische Kerze

17./18. Am Ende des Unterrichts findet der Verbrennungsprozess der Kerze sein Gegenüber in der Photosynthese der grünen Pflanze, mit der sie durch den Kohlenstoffkreislauf verbunden ist. Die Pflanzen brauchen Wasser, das sich in der Atmosphäre sammelt, auf die Erde regnet und durch die Wurzeln zum Wachsen aufgenommen werden kann. Und sie brauchen Kohlenluft, um im Sonnenlicht frische Luft zu produzieren. Das zeigt ein einfacher Versuch: Eine Kerzenflamme brennt in einem mit Frischluft gefüllten Glas viel länger als in einem Glas, das mit Kohlenluft gefüllt ist. Am weitaus längsten jedoch brennt sie, wenn an der Sonne im Glas eine grüne Pflanze steht. Die Feuerscheidung – Pyro-Lyse – und die Lichtverbindung – Photo-Synthese – der grünen Pflanzen sind über den Wasser- und den Kohlenstoffkreislauf miteinander verbunden. Beide Prozesse bilden ein wertvolles und sensibles Gleichgewicht zwischen Geben und Nehmen, das der Mensch nicht über Maßen strapazieren darf.

19. Ein Blick auf unsere Kerzenreihe zeigt: Am vorderen Ende stehen die grünen Pflanzen, die Erde, Wasser, Licht und Luft zum Leben brauchen. Die Kerzenflamme gibt den Pflanzen „Feuerwasser“, das als Regen auf die Erde fällt, und „Kohlenluft“, damit sie leben können. Die Pflanzen bilden daraus neue Kohlenwasserstoffe – Blätter, Sprosse, Wurzeln – die für unser Leben Nahrungs-, Licht- und Wärmequellen sind, und „frische“ Luft, den Sauerstoff, der uns atmen und die Kerze brennen lässt.



17. Die Kerze brennt im Glas



18. Blatt



19. Kerze im Kreislauf

Wir bauen die Kerzenreihe um zu einem Kreis, in dessen Mitte Faraday zu den Schülern spricht: „Und so sehen wir denn Alles sich regen zu dem einen großen Werke, die beiden lebendigen Reiche der Schöpfung einander dienstbar zu machen. Alle Bäume, Sträucher und Kräuter der Erde nehmen Kohlenstoff auf; sie nehmen ihn durch die Blätter aus der Luft, in die wir und alle Thiere ihn in Gestalt von Kohlenluft (orig.: „Kohlensäure“) entsendet haben, und sie wachsen und gedeihen darin. Gebt ihnen ganz reine Luft, wie sie uns am dienlichsten ist – sie werden dahinwelken und absterben; gebt ihnen Kohlenluft, und sie werden wachsen und sich wohlbe finden. Alle Kohle in diesem Stück Holz, ebenso wie in allen Pflanzen, stammt aus der Atmosphäre, welche die Kohlenluft aufnimmt, die uns schädlich, jenen aber nützlich ist – was dem Einen den Tod brächte, dem Andern bringt es Leben. Und so sehen wir Menschen uns abhängig nicht nur von unseren Nebenmenschen, sondern abhängig von aller Mitkreatur, sehen und mit dem All der Schöpfung zu einem großen Ganzen verbunden durch die Gesetze, nach denen jedes Glied zum Heile der anderen lebet und webet und schafft“ (Faraday, S. 191f.).

Finale

20./21. Das Kerzendrama ist abgeschlossen. Wir blicken zurück auf rund 20 Stunden intensiver Auseinandersetzung mit der Kerze und haben dabei einen weiten und tiefen Einblick in drei Naturwissenschaften gewonnen. Zuletzt versuchen wir, den Unterricht in seinen Erkenntniswegen und Resultaten abzubilden in Form eines Denkbildes zur Erinnerung an das Lehrstück. Während die einen das Plakat malen, verfassen die anderen kleine Texte oder Untertitel dazu. Wieder andere räumen auf oder helfen dabei, eine Ausstellung aufzubauen oder eine Präsentation für die Nachbarklasse oder die Eltern vorzubereiten. Und jeder nimmt am Ende eine selbst gezogene Kerze mit nach Hause.

– Das Lehrstück endet womöglich mit Faradays besinnlicher Betrachtung der Kerzensymbolik: „Und so wünsche ich Euch denn zum Schluss unserer Vorlesung, dass Ihr Euer Leben lang den Vergleich mit einer Kerze bestehen möget, dass Ihr wie sie eine Leuchte sein möget für Eure Umgebung, dass Ihr in allen Euren Handlungen die Schönheit einer Kerzenflamme widerspiegeln möget, dass Ihr in treuer Pflichterfüllung Schönes, Gutes und Edles wirket für die Menschheit.“ (Faraday, S. 195).



20. Kerzenziehen

Feuerscheidung Pyrolyse

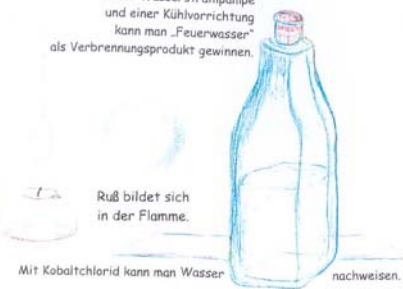
Was passiert mit Kerzen,
wenn sie verbrennen?

Sie bestehen aus Kohlenstoff
Und Wasserstoff.



Aus Bienenwachs
kann man Kerzen herstellen.

Mit einem Trichter, einem U-Rohr,
einer Wasserstrahlpumpe
und einer Kühlvorrichtung
kann man „Feuerwasser“
als Verbrennungsprodukt gewinnen.



Ruß bildet sich
in der Flamme.

Mit Kobaltchlorid kann man Wasser
nachweisen.

Klasse 5b im Advent 2002, Gymnasium Michelstadt



Lichtverbindung Photosynthese

Mit Kalkwasser
kann man Kohlendioxid
als Verbrennungsprodukt
nachweisen.



Pflanzen brauchen Wasser,
Kohlendioxid, Sonnenlicht
und Erde zum Leben.

Sie bestehen aus Kohlenstoff
und Wasserstoff.



Michael Faraday, 1791-1867, London

Sie stellen Sauerstoff her.



Bienen holen Nektar aus den Pflanzen.
Sie „schwitzen“ Wachs
aus Drüsen in Segmenten der Bauchseite
um Waben zu bauen.

Im Jahr 1861 hielt Michael Faraday in London Weihnachtsvorlesungen für die Jugend. Sie sind die Grundlage für unseren Unterricht über die Kerze.
Didaktik: Lehrkunst-Werkstatt, Prof. Christoph Berg/Marburg
Inszenierung: Studienrätin Susanne Wildhirt/Michelstadt

21. Denkbild

Faradays Kerze in einer einklassigen Dorfschule (1-6)

aufgeführt an der Gesamtschule Gottlieben im Advent 2003 und Januar 2004

Von Markus Koller

Einleitung

Ouvertüre: Erste

Begegnung mit der Kerze

I. Akt: Was brennt – der

Docht oder das Wachs? –

Die physikalische Kerze

II. Akt: Was passiert in

der Flamme?

– Die chemische Kerze

III. Akt: Kerze: Wohin –

woher?

Finale: Abrundung des
Lehrstücks und Nachlese

Resumé und Ausblick



Einleitung

Was für eine zweckmässig kleine Maschine eine solche Kerze ist! Einmal entzündet, erhält sich der Betrieb dieser kleinen Gasfabrik und regelt sich von selbst. Die Gas-Zunge oben, indem sie verbrennt, gibt Wärme: dieselbe Wärme schmilzt das Wachs. Im Docht steigt das flüssige Wachs „von selbst“ auf (wirklich von selbst?) und oben erzeugt die Verbrennungswärme den Luftstrom, den die Flamme zum Leben wieder braucht.

Martin Wagenschein

Man suche nur nichts hinter den Phänomenen, sie sind selbst die Lehre.

Johann Wolfgang von Goethe

Im Sachunterricht legt man Wert auf eigene Beobachtung, die Bereicherung und Ordnung der Vorstellungswelt, die Übung im selbständigen und gemeinsamen Handeln, das freie und genaue Reden– auf einen Unterricht, der vor allem lehrt, Probleme zu erkennen, sich Gedanken über die Lösungen und ihr Zustandekommen zu machen; das ist die beste, die eigentliche Vorbereitung auf den Computer....

Hartmut von Hentig

Die Adventszeit: Morgens treten wir in die Dunkelheit hinaus, um zur Schule zu gehen. Noch bevor es richtig Abend wird, hüllt uns die Dunkelheit wieder ein. Der Blick in die Ferne ist uns verwehrt, der Augenschein wird auf das Nahe, auf das Kleine, auf das Unscheinbare gelenkt. Wir zünden Lichter an für lange Abende. Kerzen sind besondere Lichtspender, seit Jahrhunderten, lebendig, warm. Für die Christen durchbricht in der Weihnachtszeit der lebendige Christus die Dunkelheit als das Licht der Welt. Kerzen stehen auf ihn hinweisend da.

Vielleicht betrachten wir aber doch Kerzen als gewöhnlich, alltäglich. Sie brennen halt einfach. Michel Faraday tat folgenden Ausspruch: „Alle im Weltall wirkenden Gesetze treten ... (in der Kerze)...zu Tage oder kommen dabei wenigstens in Betracht, und schwerlich möchte sich ein bequemeres Tor zum Eingang in das Studium der Natur finden lassen.“

Die Lehrkunst entdeckte in Faradays „Naturgeschichte einer Kerze“ eine Sternstunde der Menschheit und formte ein Lehrstück daraus. Dieses Lehrstück freute ich mich nun in der Gesamtschule Gottlieben zur Aufführung bringen zu können – natürlich in der Adventszeit.

Es fiel mir schwer, die innere Abfolge, die innere zwingende Logik der Versuchsreihen im Voraus zu überblicken. So vertraute ich mich der Führung folgender Berichte an: dem Bericht von Susanne Wildhirt vom Dez. 2002, den Erschließungsfragen E4 von Uli Bühler vom Sept. 2003, dem Büchlein Faradays über die Naturgeschichte einer Kerze.

Was wollte ich? Zuerst wollte ich mit den Schülern eine ruhige, innerlich intensive Adventszeit erleben. Ermöglichen sollte dies eine Rahmensetzung von gleich bleibenden Abläufen und Tagesrhythmen.

Weiter sollte die Lehrkunst nun auch in meiner Schule geboren werden. Dabei wollte ich mein berufliches Repertoire erweitern.

Die Kinder sollten forschen lernen. Im aktuellen Fall verstand ich Folgendes darunter:

1. genaues, kritisches Beobachten,
2. gemeinsames Austauschen und Überdenken,
3. Schreiben von Berichten.

Die Schüler sollten schöne Lernbücher gestalten. Dazu erhielten sie gut gebundene Leerbücher. Die Texte sollten überarbeitet und möglichst fehlerfrei eingeschrieben sein.

Ich hoffte auf die freudvolle Forschertätigkeit der Kinder. Dabei wünschte ich mir, schlussendlich in den oft gehörten Kanon über die Nachhaltigkeit der Lehrkunst mit einstimmen zu können.

Dem Lehrstück dienten vor allem die Realien- und Zeichnungsstunden. Den Deutschunterricht wendete ich ebenfalls dafür auf. Diesbezüglich war mir das Berichte schreiben wichtig. Genaue, richtige Berichte zu verfassen, den Ausdruck, die Rechtschreibung, das Vorlesen zu üben, bildeten die Schwerpunkte. Die restliche Zeit blieb für etwas Mathematik, Französisch, Turnen und Musik.

Die Zeitplanung: Das Lehrstück sollte voraussichtlich vier Wochen Adventszeit füllen. Die Januarwochen behielt ich zur Reserve im Köcher. Schlussendlich benötigten wir sechs Wochen.

Täglich von Montag bis Freitag sah ich den gleichen Ablauf vor:

- ca. 10' Rückblick: Wo stehen wir? Was wollen wir weiter herausfinden? Wie?,
- ca. 45' Versuche,
- ca. 15' Beobachtungen, Schlüsse austauschen, zusammentragen, besprechen,
- ca. 30' Berichte schreiben, mit Partnern überarbeiten bzgl. Inhalt und Rechtschreibung, dem Lehrer abgeben zur Korrektur,
- ca. 30' den gestrigen Bericht ins Kerzenbuch einschreiben, mit Zeichnungen veranschaulichen.

Täglich brauchte das Lehrstück zwei bis drei Stunden Zeit. Außer in der Ouvertüre gelangte täglich höchstens eine Szene zur Aufführung.

Um 7.30 Uhr begann ich mit den 4.- 6.-Klässlern. Die Kleinern stießen nach und nach dazu. Sie nahmen teil, fragten, schauten, versuchten sich in Überlegungen und Schlussfolgerungen. Sie waren dabei, wurden vorbereitet für ihren Forscherakt in 2-3 Jahren. Die eigentlichen Akteure waren die Großen. Sie wurden von den Kleinern durch ihre Fragen und Freude herausgefordert und gestärkt.

Meine Hilfsmittel: Zur Veranschaulichung hängte ich fortlaufend zu den Szenen passende A3-Bilder auf. Die meisten übernahm ich von Susanne Wildhirt, einige zeichnete ich selber. Sie hingen geordnet und exakt an den Kastentüren. Zugleich hatte ich an die Wandtafel eine große Kerze gezeichnet. Die Erkenntnisse, die wir an der Kerze lokalisieren konnten, ergänzte ich laufend. An den Zwischenhalten versuchten wir anhand dieser Zeichnungen den Weg des Wachses zu erklären.

Unsere Pulte waren kreisförmig aufgestellt. Im Innenraum stand unser ovaler Gartentisch, von einem dunkelblauen Tuch bedeckt. Darauf ergänzten sich laufend die Produkte, die sich während der

Versuchsreihe einstellten und schlossen sich allmählich zum Kreis zusammen als Abbild des Stoffwechselkreislaufes in der Natur.

Anfangs vollzogen sich alle Versuche im Schulzimmer, entweder am ovalen Tisch oder an den Plätzen der Schüler. Bald jedoch dünkten uns der Qualm und die Luft im Zimmer unerträglich. So zügelten wir das „Labor“ auf den großen Gruppentisch in der Eingangshalle. Wir hatten damit Ordnung gewonnen, denn der blaue Tisch diente nun ausschließlich dem einen Zweck: der Veranschaulichung des Kreislaufes.

Ouvertüre: Erste Begegnungen mit der Kerze

Kerze, woher? Kerze wohin? – Das ist unsere treibende Frage (1): Ich hatte vier verschieden weit abgebrannte Kerzen auf dem blauen Tisch aufgebaut, von links nach rechts in abnehmender Größe. Die letzte Kerze war so klein, dass sie in den nächsten Minuten abbrennen musste.

Sogleich erfuhr ich aber, dass auch ein Lehrstück in Variationen erfolgt. Bisher hörte ich, wie lebhaft die Kinder sich gleich auf die erste Anordnung stürzten. Ich versammelte die Kinder um den Tisch und wartete auf ihre regen Aussprüche, Fragen, Vermutungen. Aber nichts geschah. Fabrizio fragte nach einer Weile: „Sie, Herr Koller, und jetzt?“ Das war das Zeichen, dass ein Lehrstück sich wohl innerhalb einer bestimmten Hauskultur entfaltet, entfalten muss.

Darauf schritten wir zum Ursprung der Kerze zurück: Die Kerzen aus dem Laden, der Laden von der Kerzenfabrik, diese erhält das Wachs vom Imker, der Imker von der Wabe, die Wabe von der Biene, die Biene von den Blumen, die Blumen brauchen zur Herstellung des Nektars Wasser, Erde, Luft, Wärme und Licht.



Während der Zeit erlosch die vierte Kerze und der weiße Dampf stieg auf. Da knüpfte ich mit der Frage an: „Ja und jetzt, schaut doch mal die frische, noch ganze Kerze an! Wo ist denn diese, jetzt erloschene Kerze hin?“ „Sie ist verbrannt“, lautete die schlichte Meinung. „Was heißt denn verbrannt? Weg? Wie weg?“, tönte es bereits aus der Kinderschar.

Nun verteilte ich die Leerbücher, hieß die Kinder fünf Seiten frei zu lassen und diktierte folgenden Text:

„Um zu prüfen, was bei der Verbrennung passiert, wollen wir untersuchen, wie die Flamme brennt. Damit können wir herausfinden, was mit der Kerze beim Brennen passiert. Wohin verschwindet sie und wie?“

Erinnerungskerze (2): Darauf zeichnete jeder auf die zweite Seite im Buch eine Kerze aus der Erinnerung, die Erinnerungskerze.

Erstes Entzünden der Kerze: Nun war der Moment gekommen, dass jedes Kind eine eigene Kerze entzünden sollte. Eine Kerze, ein Kerzenhalter aus Holz, eine Unterlage, Streichhölzer und eine Schale für die Abfälle warteten am Platz. Zum Anzünden wies ich auf den Auftrag an der Wandtafel:

Florence schrieb: „Die Spitze des Dochtes glüht. Ich habe beobachtet, dass, wenn die Kerze schon eine Weile brennt, dass das Wachs sich zum Docht zieht. Also der Docht ernährt sich vom Wachs. Der Docht saugt das Wachs auf und verbrennt es. Wäre der Docht ein Draht, so würde die Kerze

Kerze anzünden: Was brennt? Wie brennt es?

- Kerze
- Docht
- Flamme
- Umgebung

Was geschieht?

Wie sieht es aus?

nicht brennen.“ **Timon:** „Die Flamme hat verschiedene Farben. Unten ist sie blau. Dann kommt orange. Etwas weiter oben kommt ein blendendes, leuchtendes Gelb. Und in der Spitze wird es wieder etwas orange.“ **Fabian:** „Mit der Zeit gibt es einen Krater auf der Kerze. Und in diesem Krater bildet sich ein Wachssee.“ **Jérôme:** „Wenn es zu viel verschmelzendes Wachs oben innen hat, dann überläuft es und dann fließt das flüssige Wachs der Kerze entlang nach unten.“ **Julian:** „Darum herum ist eine Wachsmauer, die das flüssige Wachs umkreist.“ „Um die Kerze ist so wie ein Lichtkreis, der innen gelbgrün ist und außen rot.“ **Fabian:** „Wenn es dunkel ist, scheint die Aura ganz hell.“

Faradays Biographie: Ich überwand mich, als Michael Faraday die Kinder zu besuchen. Schwarzer Kittel, weißes Hemd, schwarze Fliege. Zuerst lobte ich ihre schönen Arbeiten, zeigte mich interessiert an ihrem Thema, bekundete, dass die Kerze eines meiner Steckenpferde sei und erzählte aus meinem Leben. Dabei bemühte ich mich um einen englischen Akzent. Die beiden Kinder aus Kanada sprach ich gleich englisch an, einigte mich mit ihnen aber zügig darauf, deutsch weiter zu reden, aus Rücksicht auf die



andern Anwesenden. Die Kinder fanden den unerwarteten Auftritt äußerst lustig und spielten gerne mit. Trotzdem würde ich beim nächsten Mal vor den Kindern in die Rolle Faradays schlüpfen und die Verkleidung auf eine Fliege und/oder Kittel reduzieren.

Die Biografie Faradays stand hier im Zentrum. In einem kommenden Durchgang würde ich diese ersetzen durch Faraday in seinen Vorlesungen. Dadurch steht weiterhin die Kerze im Zentrum und Faraday tritt als der bewährte Vermittler auf. In diesem Zusammenhang würde ich auch kaum mehr ein Portrait seiner Person zur Veranschaulichung beiziehen, sondern das Gemälde, das ihn während einer Vorlesung mit Versuchen und Zuhörern zeigt – in Aktion mit der Kerze und „uns“. Dies würde auch verdeutlichen, dass die Kinder nicht zu mir lernen kommen, sondern dass wir bei Faraday lernen, ihm folgen. Ich zwar in einer etwas andern Rolle als die Kinder, aber dennoch ausgerichtet auf den großen Professor.

Faradays zeigt seine Arbeitsweise (3): Faraday zeigte seine Art zu forschen. Er führte sie gleich am Flammensprung vor, und fasste nachher sein Vorgehen an der Wandtafel zusammen:

Diese Arbeitsweise sollte für uns Anleitung und Richtschnur beim Forschen sein. Die Berichtentwürfe sollten folgende Inhalte aufweisen: Ausgangsfragen (sie sollen mit grüner Farbe notiert werden), Versuchsaufbau (rot), Beobachtungen (blau), Schlüsse, Gedanken, Theorien, Bemerkungen, Fragen (gelb).

- Fragen haben
- experimentieren und genau beobachten
- Theorien überlegen, Fragen stellen, Vermutungen austauschen
- alles aufschreiben, zeichnen (Versuchsaufbau und Beobachtungen)

Bemerkungen: *Nach dem Grundriss des Lehrstücks erfolgt der Auftritt Faradays in der Ouvertüre, seine Vorführung des Flammensprungs eröffnet den ersten Akt. Im Unterricht hängt Faraday den Flammensprung aber gleich an die letzte Szene der Ouvertüre. Sie spannt und öffnet für den folgenden Tag.*

Für die folgenden Versuche zur physikalischen, chemischen und biologischen Kerze verzichte ich auf Berichte, um den Inhalt und den Versuchsaufbau klarzulegen. Lediglich dort, wo unsere Aufführung vom Grundriss und von anderen Inszenierungen abwich oder sich Besonderes ereignete, versuche ich dies zu formulieren. Einige Stellen sollen durch die Stimmen der Kinder anschaulich werden.

I. Akt: Was brennt: Der Docht oder das Wachs? - Die physikalische Kerze

Der Flammensprung (4): Faraday : „... damit ihr mich recht versteht, will ich Euch ein ebenso niedliches wie einfaches Experiment zeigen...“ (S.43). Dann zeigte ich als Faraday gleich das Experiment und forderte die Kinder auf: „Versucht das auch einmal! Wer schafft den weitesten Sprung? Versucht auch herauszufinden, worauf ihr achten müsst, damit der Flammensprung gelingt!“

Die Lösungen trugen wir zusammen, um hernach eine zweite Versuchsphase zu starten und die Hinweise zu erproben.

- Der Docht muss zu mir schauen.
- Ein Wachssee muss vorhanden sein.
- Man muss kurz, stoßweise pusten.
- Man muss warten, bis Dampfahne ruhig, säulenartig hochsteigt.
- Man muss das Zündholz in Dampfsäule halten.
- Man kann versuchen, den Abstand zum Docht zu erhöhen.
- Höhere Raumtemperatur lässt den Docht länger glühen.

Sara schreibt: „Wichtig ist auch, dass es windstill ist, denn sonst wird der Rauch schräg und es klappt nicht so gut.“ **Timon:** „Eine kleine Flamme schwubst vom Hölzchen zum Docht.“ **Dimitri:** „Der Dampf unter der Zündholzflamme wird von der springenden Flamme aufgeessen. Die Flamme fährt im Dampf zum Docht hinunter wie ein Lift. Der Dampf wirkt wie eine Zündschnur, die von der Flamme gefressen wird, wenn sie ihr entlangfährt.“

Die Kapillarwirkung des Dochtes (5): **Julian** vermutete: „Den Docht braucht es, damit man Kerzen ziehen kann.“ **Sara** beobachtete: „Der Docht unterstützt die Kerze. Anfangs, kurz nach dem Anzünden, steigt noch kein Dampf auf, dann wird die Flamme kleiner. Dann, wenn Wachs flüssig wurde, verdampft es auch oben beim Docht. Dann wird die Flamme wieder größer.“

Nach dem Experiment lautete unser gemeinsam formuliertes Ergebnis:

„Der Docht hält die Flamme fest, er hält sie ruhig und lässt nur eine Flamme zu. Durch die Kapillarwirkung wird immer ganz wenig flüssiges Wachs hochgesaugt, um es oben verdampfen zu lassen. Mit einem

Docht reichen fünf Zentimeter Wachs gut dreißig Mal länger, als wenn es in einem dochtlosen Flammenmeer verbrennt.“

Das Flammenmeer (6): Wir machten den Versuch zweimal. Das Wachs entnahmen wir beim ersten Mal direkt der Bienenwabe. Nun war dieses Wachs noch verschmutzt, und wir uns uneinig, ob es der Schmutz war, der brannte oder etwas anderes. Beim zweiten Durchgang, am nächsten Tag, verwendeten wir ausschließlich Wachs von Kerzenstummeln. Diesmal war das Ergebnis eindeutig. Das Wachs verdampfte, der Dampf entzündete sich und verbrannte.

Philipp schrieb: „Dann zündeten wir ein Zündhölzlein an und berührten das flüssige Wachs. Doch nichts geschah. Dann warteten wir, bis es dampfte. Es fing an und Dimitri hielt das Zündhölzlein über den Dampf und der Inhalt der Pfanne brannte. Aber erst, als der Dampf richtig dicht hochqualmte.“ **Timon:** „Aber als das flüssige Wachs weg war, konnte nichts mehr verdampfen und auch die Flamme ging aus.“ **Stefanie:** „Eine riesige, dichte Wachsdampf Wolke quoll aus dem Pfännchen. Der Dampf

kam an das Feuer, und es begann wieder zu brennen.“



Hierbei erfolgte ein kleiner Exkurs zu den Aggregatzuständen. Dazu schrieben die Kinder in ihr Buch:

„Wachs kann drei verschiedene „Zustände“ einnehmen: fest, flüssig, gasförmig. Die Wissenschaftler bezeichnen sie als Aggregatzustände. Sie sind von der Temperatur des Stoffes abhängig. Bei der Verbrennung einer Kerze kommen alle Aggregatzustände vor. Der Wachskörper ist fest, der Wachsee, der sich von Uferrand zu Uferrand erstreckt und aus dessen Mitte eine kleine „Dochtinsel“ herausragt, ist flüssig. Der Wachsrauch ist gasförmig. Er steigt sichtbar auf, wenn wir die Kerze auspusten. Wir haben ihn beim „Flammensprung“ und beim „Flammenmeer“ als den entzündlichen Zustand nachgewiesen.“



Der Flammentanz (7): Die Flammen tanzten über dem Drahtgitter. *Sara* kommentiert: „Der Dampf ist eingeschlossen wie in einer Kammer. Wenn wir mit dem Gitter die Kammer öffnen, entweicht der Dampf und steigt auf.“ *Julian:* „Wenn er dicht ist, können wir ihn anzünden.“

Tochterflammen (8): Wir hielten Glasröhrchen in das Flammeninnere und konnten so weißen Wachsrauch ableiten, den wir am Ende des Glasröhrchens anzünden konnten.

Wachsrauch sammeln und entzünden (9): *Timon:* „Im Erlenmeyerkolben brennt der Dampf. Man kann ihn fassen. Es ist wie beim Flammentanz.“

Bei Philipp und Roman entzündete sich der Dampf nicht. *Roman:* „Blas doch mal hinein, vielleicht hat er zu wenig Luft!“ Philipp bläst hinein. Ohne Erfolg. *Roman:* „Mann, warum brennt der nicht?“ *Jérôme* erinnert: „Och, denk doch mal ans Flammenmeer, da musste der Dampf auch dicht genug sein! Ihr müsst halt länger sammeln!“



Das Ersticken der Flamme (10): Wir hielten ein Becherglas über die Kerzenflamme. Sie erlosch. Damit die Kerzenflamme brennen kann, braucht sie also Luft. Die Luft war im Erlenmeyerkolben nicht in ausreichendem Maß vorhanden.

II. Akt: Was passiert in der Flamme? – Die chemische Kerze

Schwarzer Russ aus weißer Kerze? (11) Wir hielten Schalen in die Kerzenflammen und ließen sie anrußen. Danach stellten wir Rußringe her auf Papier und klebten diese in unser Buch. Schwarzer Ruß aus unseren weißen Kerzen? Unglaublich!!

Projektion der Flamme: Der Kerzenschatten, die Flammenform (12): *Sara:* „Der Flammenschatten ist der Dampf. Der verbrennt dort.“ *Timon:* „Das kann ja gar nicht sein, dass der Dampf dort die Flamme macht. Dampf ist doch ein Gas. Dann würde ja die ganze Luft brennen!“ *Sara, Jérôme:* „In der Flamme ist ja Ruß. Der wirft den Schatten. Der ist schwarz. Darum ist er im Schatten auch schwarz.“ *Kirsten:* „Ist das Ruß?“ *Fabrizio:* „Ja, das haben wir doch festgestellt beim Flammentanz und dem Tochterflämmchen.“ *Florence* ergänzt: „Ja und beim Flammenmeer auch und als wir die Rußringe machten.“



Zwischenhalt: Wir blickten zurück auf das woher, wohin. Was wissen wir? Wo stehen wir auf dem Weg vom Wachskörper hoch in die Flamme?



Das Feuerwerk (13): Indem wir Aluminium, Eisenspäne, Kohlenstaub und Kupferspäne in eine nicht-leuchtende Flamme bliesen, konnten wir feststellen, dass Kohle die Flammenfärbung erzeugt. Also muss Kohle die Flamme zum Leuchten bringen. Aber:

Exkurs: Sind Ruß und Kohle das Gleiche? Beim Zwischenhalt stießen wir auf die Frage, ob Ruß und Kohle das Gleiche sind. Einige beriefen sich auf Faraday und wollten das absolut bewiesen haben, beileibe nicht einfach glauben! Auf den nächsten Tag sollten sich alle Versuche überlegen

und vorbereiten, die einen Beweis erbrachten, ob ja oder nein. Tags darauf führten wir gruppenweise folgende Versuche durch:

- Kohle und Ruß betrachten: beides auf Papier malen und unter dem Binokular betrachtend vergleichen,
- Kohle und Russ betrachten: beides auf Stoff malen, am Wasserhahn auswaschen und vergleichen, ob Vorgang und Reste gleich sind,
- Malbarkeit: Schale in Flamme halten, so dass sie anrußt, versuchen, die Schale auch mit Kohle zu bemalen, anschauen, vergleichen,
- Abfackeln: Russ kann, wie wir bereits erfahren haben, abgefackelt werden mit dem Bunsenbrenner. – Kohle auch?
- Rußbröcklein und Kohle unter dem Binokular betrachten,
- Ich steuere das „Feuerwerk“ bei.

Jedes Mal fragten die Versuchsleiter anschließend: „Ist jetzt etwas bewiesen, seid ihr zu einem überzeugenden Schluss gelangt?“ Die meisten Versuche schafften es nicht, zweifellos zu beweisen, dass Kohle und Ruß identisch sind.

Sara wagt: „Also, es ist wie bei den Bäumen, z.B. den Tannen, große und kleine sind die gleichen, einfach sehen sie etwas verschieden aus, halt größer oder kleiner.“ **Fabian** sagt: „Wenn man mit einem rußigen Schälchen über ein Blatt fährt, ist Ruß richtig in den Blattrillen drin, die Kohle liegt oben auf.“ **Julian**: „Russ ist viel feiner.“ **Philipp**: „Wenn wir Kohle und Ruß auf dem Blatt vergleichen, sehen beide so glänzend, silbrigschwarz aus.“ **Stefanie** vermutet: „Es ist das Gleiche, nur Kohle ist dichter als Ruß.“

Der Feuerwerkversuch überzeugte auch die kritischsten Jung-Faradays, dass wir unter Ruß und Kohle das Gleiche verstehen können.

„Feuerwasser“ (14): Wir gewannen echtes Wasser über der Flamme. Es entstand bei der Verbrennung.

„Kohlenluft“ (15): Auch Kohlendioxid entsteht bei der Verbrennung. Wir wiesen es mit dem Kalkwasserversuch nach.

Hefteintrag (vgl. 16): „Von der physikalischen zur chemischen Kerze: Bislang konnten wir alle Versuche selbst aufbauen, durchführen und erklären. Bei der physikalischen Kerze kann man alles direkt beobachten und nachweisen.

In der Chemie ist das anders: Viele unvorhergesehene Dinge passieren, die schwer zu erklären sind. Früher dachten die Leute, Chemie sei Zauberei. Mittlerweile haben viele Forscher die Chemie zu nutzen gelernt. Sie haben herausgefunden, dass es in der Natur verschiedene Bausteine gibt. Alles, alle Stoffe, bestehen aus verschiedenen Bausteinen, die sich verbunden haben. Mit der Chemie können wir die einzelnen Teilchen, zB. von Wachs, zwingen, sich zu zeigen. Und man kann sehen, aus welchen Teilchen es zusammgebaut ist. Feuer ist ein bewährtes Mittel dazu. – Wir „zaubern“ zunächst mit der Flamme, denn durch Feuer werden viele chemische Reaktionen verursacht.“



III. Akt: Kerze: Wohin – woher?

Nun kam ein erneuter wesentlicher Schritt. Das Wohin der Kerze war geklärt. Sie verschwindet als Kohlendioxid und Wasser in die Luft. Aber was passiert damit?

Besorgnisse: Timon wollte wissen: „Aber wenn wir und die Kerzen stickige Luft machen, dann wird auf der Welt irgendwann nur noch stickige Luft sein.“ **Amanda** aus der ersten Klasse will wissen: „Was passiert denn, wenn es nur noch stickige Luft hat?“ **Fabrizio**: „Ja dann können wir nicht mehr atmen, weil das schlechte Luft ist. Sie ist verbraucht. Ist sie nicht sogar giftig?“ **Philipp**: „Auch alle Tiere atmen aus.



Die kommen noch dazu. Dann wird die Luft noch viel schneller verbraucht.“ Alle staunen, es wird etwas ungemütlich, unheimlich. **Katherina** aus der dritten Klasse drückt es aus: „Sie Herr Koller, kann das sein, ersticken wir?“ Ich teilte die Besorgnis und versprach, morgen einen Versuch zu machen, der uns Antwort geben kann: „Morgen wollen wir schauen, was mit der schlechten Luft passiert und wie das mit uns auf dieser Welt herauskommt.“

Die Kerze brennt im Glas (17): Es gelang uns trefflich, die Photosynthese im Schulzimmer innerhalb von 24 Stunden erlebbar zu machen. Da uns kein Sonnenschein diente, nahmen wir Zuflucht zu einer speziellen Pflanzenlampe. Den Grünzweig besorgte uns Luca von der Kirschlorbeerhecke, die unser Schulareal vom Friedhof trennt. Welch sinniges Detail!

Die Lichtverbindung im Blatt (18): Die Photosynthese sorgt dafür, dass wir frische Luft zum Atmen und die Kerzen zum Brennen haben. Wie das passiert, ist eine Frage für später, dass es passiert, sahen alle. Eine Schemazeichnung verdeutlichte den Vorgang.

Die Kerze im Kreislauf (19): Nun versuchten wir den Weg der Kerze, des Wachses, des Kohlenstoffes, des Wassers auf unserem blauen Tisch nachzuvollziehen und hernach im Plakat von Susanne Wildhirt erklären zu können. Dabei hoffte ich, dass ein Kind bemerken könnte, dass ja gar nichts verloren geht. Die Freude erlebte ich aber nicht. Ich sagte es darum selber.

Finale: Abrundung des Lehrstücks und Nachlese

Der Schlussbericht: Das Finale bestand aus drei Teilen. Zu mehr waren die Kinder nicht mehr zu bewegen. Zuerst schrieben alle einen Kerzenbericht über das ganze Lehrstück.

Kerzen ziehen (20): Anschließend zog jeder eine eigene Kerze für Zuhause.

Unser Kerzenplakat als Denkbild (21): Dann schauten wir, wie wir anordnen könnten, was wir in den letzten Wochen herausgefunden hatten. Timon fand, wir sollten einen Kreislauf bilden, an dem man ablesen könnte, „...wie es immer rund herum geht.“ Nachdem wir gemeinsam zusammengetragen hatten, was wir in den Kreislauf aufnehmen sollten, übernahm die 6. Klasse die Leitung, verteilte Zeichnungsaufträge, ordnete mit mir zusammen an und klebte die einzelnen wichtigen Stationen auf ein großes Plakat. – Zum Schluss trafen wir uns für ein Gruppenbild, das wir in die Mitte des Kreislaufes neben ein Portrait Faradays klebten. In der restlichen Zeit widmeten sich die Kinder ihrem Kerzenbuch und verschönerten Titel, Zeichnungen usw.



Bemerkung: Zwei Dinge wären mir sinnvoll erschienen: Eine Prüfung des Gelernten und eine Darbietung an die Eltern. Die Prüfung wollten wir so gestalten, dass wir in den Lerngruppen je drei verschiedene Fragen erarbeiteten. Alle viermal drei Fragen würden dann allen gestellt und müssten schriftlich beantwortet werden. Aber nach sieben Wochen Kerzenunterricht war der Feuereifer im Abkühlen begriffen. Sie wollen nicht mehr. So bestand unsere Nachlese lediglich im oben Genannten.

Alle guten Ideen zur Nachlese aus andern Berichten müssen in Gottlieben einer kommenden Aufführung harren.

Resumé und Ausblick

Was brachte das Lehrstück? Es war eine sehr intensive, schöne Zeit. Es entwickelten sich ungezählte Gespräche mit den Schülern, mit Eltern, Besuchern und Freunden und Bekannten. Im Folgenden habe ich verkürzt einige zentrale Punkte notiert:

1. Anteil an den Sternstunden der Menschheit,
2. eine inhaltlich und didaktisch durchdachte, vielerprobte und vielbewährte Lehreinheit,
3. eine beispielhaft exemplarische, genetische und dramaturgische Lehreinheit,
4. Unterrichtsprinzip: dem Phänomen begegnen in seinem ganzen Umfeld, von wo man ausgeht und immer wieder zurückkehrt,
5. Anteil an einer Lehrkunstwerkstatt, d.h. Gemeinsames, kollegiales, strenges, genaues entwickeln von Lehreinheiten nach klaren Grundsätzen und Vorbildern,
6. eine spannende Zeit, die über den Unterricht hinaus anregt,
7. konzentrierter Unterricht mit klaren Wechseln von Schenken und Beschenken lassen,
8. Abwechslung im Schulprogramm.
9. Der Lehrstückunterricht wirkte wie eine Lupe. Die Eigenarten, Stärken und Schwächen des Unterrichts an unserer Schule, der Kinder und des Lehrers traten verstärkt, unübersehbar, unerbittlich, und unausweichlich zu Tage – wunderbar!

Offene Fragen: Nach sechs Wochen Kerzenunterricht sind einige Fragen offen:

1. Wie kann ich das Lehrstück in kürzerer Zeit sinnvoll durchführen?
2. Wodurch kann ich die Spannung aufrecht erhalten?
3. Wie kann die Lust zu forschen, zu denken gestärkt, geweckt, gefördert werden, so dass sie eigentätig, fordernd wird?
4. Welche Art der Nachlese? Wie gestalten?

Es bleibt ein offenes Wagnis, sich von den Kindern leiten zu lassen, ohne die strenge Dramaturgie zu verwässern. Es ist eine alltägliche Frage des Austauschs, des Zusammenspiels zwischen Kindern und Lehrer. Das Lehrstück bietet darin ein ausgeprägtes Übungsfeld.

Ich bin nun froh, auf einen im gesamten geglückten Durchgang zurückblicken zu können. Die Kinder können fundiert aus dem Lehrstück schöpfen und hatten große Freude.

Viel Material liegt jetzt bereit. Mein Sach- und Lehrstückverstand gründen nun auch auf Erfahrung und sind klarer geworden. Ein nächstes Mal kann ich etwas gezielter vorgehen.

Zum Schluss sei allen gedankt, die die Aufführung von „Faradays Kerze“ ermöglichen halfen.

Zweihundert Bienenleben für ein Glas Honig

Kurzbericht über eine Kerzenouvertüre in einer 5. und 6. Klasse

von Adrian Spirgi

1. Einleitung

Lehrkunst-Quartalstreffen

Die Umsetzung

Die Schüler

2. Unterrichtserzählung

Woher? Die vier Kerzen

Woher? Das Geschäft und die Fabrik

Woher? Der Imker und die Bienen

Woher? Die Bienen und die Pflanzen

Woher? Erde, Wasser, Licht und Luft

Wohin? Der Kohlenstoff

3. Ausblick

Wohin? Kohlendioxid, Feuerwasser und Kerzenkreislauf

Komposition und Inszenierung



1. Einleitung

Lehrkunst-Quartalstreffen: Nach dem Lehrkunst-Quartalstreffen im Herbst 2002 war mir klar, dass ich mit meiner 5. und 6. Klasse mit der neuen Overtüre nach Rohde/Wildhirt/Berg: „Kerze – woher? Wohin?“ in das Kerzenlehrstück einsteigen würde, ist doch in diesem Unterrichtseinstieg der gesamte Kerzenkreislauf in seinen Grundzügen enthalten und wird im Verlaufe des Lehrstücks mit jedem Erkenntnis-Schritt erweitert.

Zur Inszenierung des Lehrstücks stehen auf dem Lehrerpult vier Bienenwachskerzen, die unterschiedlich lange gebrannt haben, (noch) unter dem Tisch liegen eine Kerzen-Packung, eine Bienenwabe, eine Blütenpflanze und Becher mit Erde, Wasser und Kohlepulver bereit. Die Frage, die uns durch diese Overtüre leitet, ist: „Kerze – woher? Wohin?“.

Dieser Einstieg ins Lehrstück beinhaltet die grundsätzliche Idee, bei den Schülern von Anfang an das Interesse oder das Problembewusstsein für das „Wohin“ zu erzeugen, das daraufhin zum eigentlichen Gegenstand des Kerzenlehrstückes wird, wie Susanne Wildhirt beim Quartalstreffen 2002 aus Wagenscheins „Naturphänomene“ (S. 252) zitiert: „So wie ein Segel gestellt werden muss, damit es vom Wind auch gefasst wird, so ist die Frage gestellt, wenn die Kinder vom Sog des Problems ergriffen sind.“

Die Umsetzung: Meine eigene Begeisterung beim Kennenlernen dieser neuen Overtüre anlässlich der Präsentation von Susanne Wildhirt sollte sich auf meine Schüler übertragen. Dieser neue Unterrichtseinstieg in die Kerze gab die Faszination für das ganze Lehrstück, obwohl die einzelnen Experimentiernachmittage zwei bis drei Wochen auseinanderlagen.

Bei der ersten Durchführung der Overtüre fehlte mir eine echte Bienenwabe und eine einheimische Blütenpflanze. Als „Ersatz“ diente mir ein Bienenwaben-Poster und eine Zimmerpflanze. Die vierte und kleinste Kerze erlosch sehr rasch und ich verfolgte mit den Kindern zuerst den „Wohin-Weg“. Auf diesem „Wohin-Weg“ kamen wir nicht recht weiter, und so stellte ich eine neue Bienenwachskerze anstelle der kleinsten, erloschenen Kerze auf und fragte: „Woher habe ich diese Kerze?“. Jetzt entwickelten wir gemeinsam den „Woher-Weg“. Obwohl ich mit meiner Inszenierung der Overtüre nicht so recht zufrieden war, waren die Kinder auf die weiteren Nachmittage gespannt: „Was kommt da jetzt?“, also sprichwörtlich „Feuer und Flamme“.

Zwei Monate später stellte ich die vier Kerzen nochmals auf meinen Pult und war nun sehr gespannt, ob zwischen der ersten und zweiten Durchführung mit der echten Bienenwabe und einer Blütenpflanze sowie einer sorgfältigen Vorbereitung Unterschiede beim gemeinsamen Aufstellen dieser „Kerzenreihe“ entstehen würden. Die Kinder hatten ja bereits eine Ahnung, was die vier Kerzen auf meinem Tisch sollen. Trotzdem stiegen sie mit ihrer gesamten Aufmerksamkeit nochmals auf die vier Kerzen ein. Die kleinste, vierte Kerze erlosch erneut sehr rasch, jedoch – glücklicherweise – so unauffällig, dass ich mit meinen Schülern den „Woher-Weg“ in Ruhe weiterentwickeln konnte.

Die Schüler: Ich unterrichte seit knapp einem Jahr eine 5. und 6. Primarklasse mit 24 SchülerInnen. In der 5. Klasse sind acht Knaben und zwei Mädchen, in der 6. Klasse fünf Knaben und neun Mädchen. Meine Schüler waren auf die Kerze gespannt, mussten sie doch von zu Hause einen eigenen Kerzenständer mitbringen und sahen die Überschrift an der Tafel: „Die Kerze“. In der 5. Klasse habe ich zwei, drei schwierige Schüler und war sehr gespannt, wie diese sich auf die Kerze einlassen würden. Ein Schüler, der normalerweise unablässig auf seinem Stuhl hin und her rutscht und durch Zwischengespräche und Ablenkungsmanöver sehr viel Aufmerksamkeit sucht, war überraschenderweise konzentriert und ruhig dabei, ein anderer arbeitete intensiv mit und brachte viele Ideen ein.

Dieser Unterrichtseinstieg, bei dem die Kinder im erarbeitenden Gespräch den gesamten Kerzenkreislauf mitentwickeln, forderte meine ganze Aufmerksamkeit. Ein Tonband war mir deshalb für die Aufzeichnungen hilfreich, damit ich mich voll und ganz auf die Schülersaussagen und den Ablauf der Ouvertüre konzentrieren konnte. Die Schüler machten sich während dieser Einführung ins Kerzenlehrstück Notizen und skizzierten die Kerzenreihe.

2. Unterrichtserzählung

Woher? Die vier Kerzen: Auf meinem Tisch vor der Klasse stehen vier Bienenwachskerzen, die unterschiedlich lange gebrannt haben. Die vier Kerzen zünde ich, eine nach der anderen, vor den Augen der Schüler an.

Spirgi: „Ich habe hier vier Bienenwachskerzen, die unterschiedlich gross sind.“ – Schweigen – Gabriel: „Die Kerzen haben unterschiedlich lange gebrannt.“ Patrick: „Wenn sie runterbrennen, löschen sie aus.“ Spirgi: „Und wenn die Kerzen verschwinden, was passiert?“ Patrick: „Wahrscheinlich löscht die kleinste Kerze aus, weil sie kein Gas mehr hat.“ Die Frage: „Was brennt?“ haben wir im ersten Experimentiernachmittag bereits untersucht, deshalb vermutet Patrick jetzt, dass die Kerze vielleicht kein Gas beziehungsweise Wachsdampf mehr hat. „In der Glasschale bleibt ein Wachsrest und ein Stück Docht übrig. Wieso bleibt da eigentlich noch ein Rest Kerze übrig?“ Patrick: „Wachs löst sich ja nicht in Luft auf!“ „Und wie ist das dann bei einer Rechaudkerze?“ Patrick: „Da verbrennt das ganze Wachs!“ „Weshalb gibt es dann bei dieser Kerze einen Rest?“ Andreas: „Weil bei einigen Kerzen der Docht nicht ganz runtergeht und deshalb nicht der ganze Wachs verbrennt!“ Die Erklärung von Andreas scheint allen einzuleuchten, kennen doch alle die Rechaudkerzen von zu Hause, z.B. als Topfwärmer.

Woher? Das Geschäft/Die Fabrik: Ich möchte, dass die Schüler auf den Woher-Weg einsteigen und frage: „Was macht ihr, wenn die Kerze ganz hinuntergebrannt ist?“ Gabriel: „Ich entferne die Reste und kaufe eine neue Kerze aus dem Geschäft.“ Ich schaue unter meinen Pult und hole eine neue Packung Bienenwachskerzen hervor, die ich neben die grösste der vier Kerzen stelle. „Woher hat eigentlich das Geschäft diese Bienenwachskerzen?“ Roland: „Aus der Kerzenfabrik.“ Etienne antwortet voreilig: Und die Fabrik hat die Kerze von der Biene! Die Fabrik geht also zu einer Biene und macht mit ihr ein Geschäft, um an den Wachs zu kommen!“ Die Schüler stellen sich den Gang des Imkers zur Biene vor und lachen.

Woher? Der Imker und die Bienen: Es lohnt sich, diesen Woher-Schritt sorgfältig zu entwickeln und genau auf die Entstehung des Wachses einzugehen. Mirjam: „Der Bienenwachs stammt vom Bienenhäuschen.“ Etienne: „Die Fabrik kauft den Bienenwachs beim Imker, dem das Bienenhäuschen gehört.“ Spirgi: „Woher nimmt der Imker das Wachs?“ Alex: „Der Imker kriegt das Wachs aus einer

Bienenwabe raus.“ Etienne: „Der Imker holt den Honig raus.“ Spirgi: „In der Bienenwabe hat es also Honig drin? Und wo ist dann das Wachs?“ Einen Augenblick herrscht absolute Stille; jeder überlegt, wo das Wachs und der Honig sein könnte. Etienne, der vorhin voreilig und abgeklärt geantwortet hatte, ist ratlos. Dann stellt Patrick klärend fest: „Aus Wachs wird die Wabe hergestellt und in den Zwischenräumen der Waben kommt der Honig rein. Die Wabe ist aus Wachs gemacht.“

Ich hole unter meinen Pult ein Bienenwabe hervor, stelle sie neben die Kerzenpackung stellte und erweitere damit unsere Kerzenreihe. Ich erläutere den sechseckigen Bau der Waben, erzähle, dass man etwa fünf Gläser Honig aus dieser Wabe gewinnt und dass man früher diesen exakten Bau der Waben als eine Art „Gottesbeweis“ angesehen hatte. Anschließend wiederhole ich die Feststellung von Patrick: „Die Waben sind aus Wachs und die Biene füllt die Waben mit Honig. Wieso bauen die Bienen eigentlich diese Waben?“ Patrick: „Das ist die Natur. Die Waben sind eine Art ‚Lager‘ und der Imker holt die Waben aus dem Bienenhäuschen.“ Andreas vermutet: „Vielleicht legen die Bienen ihre Eier in die Waben hinein?“ Ich denke die Vermutung von Andreas weiter: „Dann hast du am Sonntag Bieneneier auf deinem Zopfbrot?“ Ein Raunen geht durchs Klassenzimmer. Alle scheinen sich dies bildhaft vorzustellen. Gabriel klärt auf: „Die Bienen legen in den Waben ihren Wintervorrat an.“



Ich frage die Schüler: „Wachs und Honig – Wisst ihr eigentlich, wie die Bienen Wachs und Honig herstellen? Niemand scheint genau zu wissen, wie das geht. Also erzähle ich, dass sich auf den beiden Seiten einer Wabe etwa 3000 Wachsellen befinden, in denen Honig für den Nachwuchs und Pollen als Wintervorrat für das ganze Bienenvolk eingelagert wird, dass die Bienen zum Bau der Waben das Wachs zwischen den Segmenten an der Unterseite ihres Hinterleibes ausschwitzen und der Bienenhonig eigentlich Bienenspucke ist. Ein lautstarkes „Wääh!!!“ ertönt im Klassenzimmer. Jemand sagt scherzhaft, dass er ab heute keinen Honig mehr esse.

Größen bei Bienen

Ein durchschnittliches Bienenvolk zählt 30000 Bienen. Die meisten sind Arbeitsbienen. In ihrer Mitte lebt die Königin. Sie legt vom Frühling bis zum Sommer jeden Tag 1 000 bis 2 000 Eier. In einem Bienenvolk gibt es auch männliche Bienen. Man nennt sie Drohnen. Etwa 2 von 100 Bienen sind Drohnen.

Die jungen Arbeitsbienen bleiben im Bienenstock. Sie halten alles sauber, pflegen die Königin und die Brut und bauen neue Wachswaben. Wenn sie 20 Tage alt sind, fliegen sie aus. Sie sind jetzt Sammelbienen und bringen für die ganze Bienengemeinschaft Nahrung (Wasser, Blütenstaub und Nektar) in den Bienenstock. Sammelbienen fliegen etwa 10 Tage aus und sterben dann.

Wenn 100 Bienen je einmal ausfliegen, sammeln sie etwa 5 g Nektar. Davon verbrauchen sie ungefähr 2 g. Aus dem Rest entsteht Honig.

An einem sehr guten Tag unternimmt die Sammelbiene 20 Ausflüge. Jeder Ausflug dauert etwa 30 Minuten. Kein Sammelbienen entfernen sich selten weiter als etwa 1500 m vom Bienenstock. Sie können in einer Sekunde 6 m weit fliegen.

1. Oben sind die Bienen in Originalgröße abgebildet. Miss die Länge der Körper und einzelner Körperteile.
2. Wie lange braucht eine Biene, um 1500 Meter zurückzulegen? Wie lange brauchst du für die gleiche Strecke?
3. Erstellt gemeinsam Tabellen für 1, 10, 50, 100 oder 150 sehr gute Sammeltage! Teilt die Arbeit auf!

Nektar ist eine wässrige Zuckermischung.
Aus 3 g Nektar entsteht 1 g Honig

Etienne erinnert sich an die Doppelseite über Bienen im Mathematikbuch (siehe: Das Zahlenbuch 5, Klett und Balmer Verlag, Zug, Seite 10 und 11). Bei dieser Doppelseite hatten die 5. Klässler vor etwa einem halben Jahr ausgerechnet, wieviel Honig die Bienen an einem und mehreren guten Sammeltagen sammeln, wie viele Rotkleepflanzen die Bienen aufsuchen müssten, wieviel Honig auf einem Quadratmeter geerntet werden könnte, usw ... Etienne liest den Einführungstext (s. o.) aus dem Mathebuch vor.

Patrick erinnert sich an diese Rechenaufgaben und stellt fest: „Eine Biene produziert in ihrem Bienenleben ungefähr zehn Gramm Nektar. Für ein Glas Honig braucht es daher etwa 250 Bienenleben.“

Woher? Die Blumen und die Pflanzen: Ich frage weiter: „Woher haben die Bienen den Honig und das Wachs?“ Sandra: „Von den Blumen - vom Nektar der Blumen.“ Roland: „Die Bienen essen den Blütenstaub?“ „Nein, oder?“ In diesem Moment überlege ich mir, wie weit ich auf die Bestäubung/Befruchtung bei Blütenpflanzen eingehen soll. Kann es sein, dass meine 5.- und 6.-Klässler noch nie davon gehört haben? Ich stelle eine Blütenpflanze auf den Tisch und erweitere unsere Reihe neben der Bienenwabe. „Wo befindet sich der Nektar bei dieser Pflanze?“ Dominique: „In der Mitte der Blüte. Blüten dienen der Fortpflanzung.“ Gabriel: „Sie müssen deshalb auch geschützt werden.“ Ich füge knapp hinzu: „In den Blüten bieten viele Pflanzen den Insekten eine zuckerhaltige Flüssigkeit an, den Nektar, um sie anzulocken, damit sie die Bestäubung übernehmen.“

Woher? Erde, Luft, Wasser und Licht: Wir gelangen zur vorerst letzten Woher-Station: „Woher hat die Pflanze den Nektar? Was braucht die Pflanze zum Leben?“ Gabriel: „Sie braucht Nährstoffe aus dem Boden, der Erde.“ Ich frage weiter: „Erde ... und ?“ Patrick: „Wasser und Nährstoffe aus der Erde.“ Das Wasser wird in die Blätter ‚gepumpt‘. In den Blätter findet die Photosynthese mit Hilfe der Sonne statt.“

Gabriel stellt die Behauptung auf, dass die Nährstoffe durch Blitze in die Erde gelangen. Einzelne Schüler schmunzeln über diese Idee. Nachdem ich Gabriels Behauptung widerlegen konnte, fasse ich zusammen: „Die Pflanze braucht also Licht, Luft, Wasser, Erde. Ich stelle je einen Becher mit Erde und Wasser neben die Blütenpflanze.“

Wohin? Der Kohlenstoff: Da bei meiner zweiten Durchführung der Ouvertüre bereits die ersten Grundfragen geklärt sind: „Was brennt? – Docht oder Wachs“, „Blick ins Kerzeninnere“, „Was färbt die Flamme?“ habe ich hier bei den einzelnen Antworten nach. Ich lenke die Aufmerksamkeit auf die andere Seite zur kleinsten Kerze hin. „Schauen wir uns mal die verschwundene Kerze an. Was ist da passiert?“ Etienne: „Die Kerze ist verbrannt.“ Patrick: „In der Kerze hatte es Docht und Kohlenstoff, der verbrannt ist.“ Gabriel vermutet weiter, dass es Wasser in der Kerze hat. Ich stelle die Frage, ob die Kerze überhaupt brennen würde, wenn es in der Kerze Wasser hätte. Schulterzucken.

Ich möchte, dass wir uns mit dem Kohlenstoff noch ein bisschen genauer auskennen und frage die Klasse: „Wie kann man eigentlich sehen, dass in der Kerze Kohlenstoff ist?“ Mirjam: „Im Russ, wenn man z.B. einen Teller über die Kerze hält, färbt sich das Tellerchen schwarz.“ Ich nehme ein Reagenzbecher hervor und halte ihn über die Flamme. Die Unterseite des Glases schwärzt sich schnell. Ich frage: „Was hat dieser Kohlenstoff mit der Kerze zu tun?“ Raphael: „Er färbt die Flamme, wie wir beim letzten Experimentiernachmittag gesehen haben.“ Hier sind sich alle einig. Ich weise auf den Widerspruch hin, dass wir zwar den weisslichen Wachsdampf sehen können und frage, ob der Russ denn vom Wachsdampf stamme. Die Schüler sind ratlos, es scheint bei der Verbrennung noch etwas anderes zu passieren?!

Ich stelle einen Becher mit Kohlepulver auf den Tisch neben die kleinste, verschwundenen Kerze und denke beim Betrachten des Bechers laut: „Diese schwarze Masse färbt also die Flamme, das ist erstaunlich!“



3. Ausblick

Ein Vorteil dieser Ouvertüre besteht darin, den Schülern die gemeinsamen Erkenntnis-Schritte wieder in Erinnerung zu rufen und unsere Reihe bzw. später den Kerzenkreis(-lauf) „weiterzubauen“. Was passiert mit dem Kohlenstoff bei der Verbrennung, hat es tatsächlich – wie Gabriel vermutete – Wasser in der Kerze? Fragen, die uns folgerichtig auf den vierten und fünften Akt des Kerzenlehrstücks hinweisen: „Aus Russ wird Kohlendioxid“ und „Feuerwasser und Kerzenkreislauf“. Es empfiehlt sich daher, die Ouvertüren-Reihe immer wieder gemeinsam zusammenzufassen und zu ergänzen, die Ouvertüre spannt somit einen dramaturgischen „Faden“ durch das gesamte Lehrstück.

Die Kerze nach Michael Faraday

Lehrstück auf der Mittelstufe (5/6), Dezember 2000

von Ulrike Bühler, Felsenschlösslischule, Übungsschule des Seminars Kreuzlingen

Einleitung

Ouvertüre: Die Erinnerungskerze

1. Akt: Wie brennt die Kerze ?

Das Phänomen entdecken

Lernen und Forschen wie Michael Faraday

2. Akt: Die Chemie der Kerze

3. Akt: Die Kerze im Kreislauf der Natur

Finale: Das Signet

Der äussere Kreis des Lehrstücks:

Mehrdimensionale Begegnungen



Einleitung

Das Kerzenlehrstück mit Kindern der Mittelstufe: Eine einfache Haushaltskerze im Kreis der Kinder aufgestellt, vermag eine knisternde Konzentration auszulösen. Dieser Gegenstand muss also schon von sich aus eine überzeugende Anziehungskraft und Ausstrahlungskraft haben. Sie ist in vielen Kulturen Trägerin von sinnlichen und metaphysischen Anliegen. Freude (Taufe), Trauer (Tod), Gedenken (Friedenslichterkette), religiöse Riten. In der Kerze liegt eine vertikale Kraft. In unserem Klassenzimmer steht immer eine Kerze. Sie ist vor allem eine Begleiterin in der dunklen Jahreszeit. Im Kerzenlehrstück

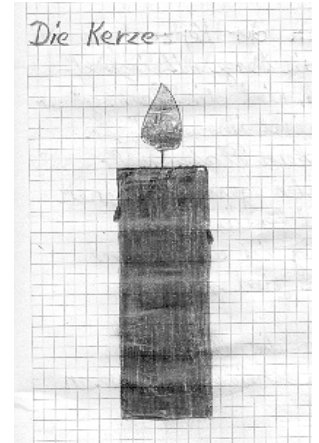
wird sie nun selbst zum Mittelpunkt des Unterrichts. Folgender Bericht dokumentiert die erste Durchführung des Kerzenlehrstückes in der altersgemischten Mittelstufenklasse im Felsenschlössli. Im Dezember 2003 habe ich mit der nächsten Schülergeneration das Lehrstück in einer weiter entwickelten Inszenierung durchgeführt. An einzelnen Stellen verweise ich auf die wichtigsten Veränderungen.

Ouvertüre: Die Erinnerungskerze

1. Tag

Die Begegnung mit dem Phänomen: Als die Kinder am 29. November das Klassenzimmer betreten, stehen auf ihren Tischen Kerzen. Sie reagieren neugierig und erfreut. Ich erkläre, dass die Kerze selbst unser Unterrichtsthema ist und die Kinder wollen sofort mehr wissen. Schon hat der Funke gezündet.

Am Platz der Kinder liegt neben der Kerze ein neues Heft. Ich fordere die Kinder auf, auf die zweite Seite ihres Heftes eine Kerze mit einer Flamme aus der Erinnerung zu zeichnen. Sie reagieren etwas widerstrebend und hätten wohl lieber ihre Kerzen angezündet. Sie vermuten, es handelt sich um ein Titelbild und beginnen sorgfältig und zu schreiben und farbig zu zeichnen. Die Form der Kerze und der Flamme macht keine Mühe. Doch dann drehen sich die Köpfe zum Nachbarsbild und ein Zögern tritt ein: Welche Farbe hat die Flamme? Wie zeichnet man Strahlen? Wie sitzt die Flamme auf dem Docht? Es werden grosse Flammen in gelb und orange gezeichnet. Michael zeichnet einen blauen Hohlraum, von Janas und Bennis Kerzen steigt Rauch auf. Die Kinder bemerken, dass da unterschiedliche Lösungen gefunden werden und das Bedürfnis an der Kerze selbst zu sehen, wie die Flamme in Wirklichkeit erscheint, wird drängend.



1. Akt: Wie brennt die Kerze?

1.1 Das Phänomen entdecken

Im morgendlichen Dämmerlicht versammeln wir uns im Kreis um einen kleinen Tisch, auf dem eine Kerze steht. Die Erwartungshaltung, die Flamme zu beobachten, entstand beim Zeichnen der Erinnerungskerze. Wolfgang Klafki (in: Berg/Schulze 1997, 30) charakterisiert den Einstieg in ein Lehrstück als „das Sich-Behutsam-Einlassen“ auf das Phänomen. Das Phänomen regt „Staunen und nachdenkliche Aufmerksamkeit“ an. Die Kerze ist ein Phänomen und die Fragequelle. Das Anzünden der Kerze wird inszeniert. Eine alltägliche Handlung wird Gegenstand der Neugier: Was passiert da eigentlich ganz genau?

20 Paare Augen verfolgen, wie Janic die Kerze anzündet. Dann kehrt Ruhe ein, wir nehmen uns Zeit, um konzentriert zu schauen. Ein Bild, das jeder schon unzählige Male gesehen hat, rückt jetzt sicher für die meisten zum ersten Mal wirklich ins Bewusstsein. Mit den Augen versuchen wir zu erkennen, was die Kerze uns verrät über das, wie sie beschaffen ist und wie sie funktioniert. Nun ergreifen die Kinder das Wort, wie dies im Kreisgespräch üblich ist, ohne einander zu unterbrechen und ohne sich zu melden – ich halte mich sehr im Hintergrund. Die Kinder erwarten keine Bewertung, richtig oder falsch, und geben auch keinen Kommentar ab zu Äusserungen anderer. Sie wissen, dass es in dieser Situation Raum und Zeit für jeden gibt.

Folgende Beobachtungen werden gemeinsam aus der Betrachtung gesammelt:

- „Die Flamme wird zuerst grösser, dann wieder kleiner.“
- „Das Wachs am Dochtende beginnt zu glänzen und wird dann schwarz“.
- „Die Flamme wandert am Docht nach unten“.
- „Das Wachs schmilzt“.

„Die Kerze bildet ein Schälchen“.

„Die Flamme beruhigt sich“ :

Ich unterbreche das Gespräch nach einer Weile und fordere die Kinder auf, die weiteren Beobachtungen an der Kerze am eigenen Tisch fortzusetzen. Im Kreis wurde exemplarisch die Vorgehensweise durchgeführt, die nun jedes Kind anhand eines Arbeitsauftrages am eigenen Platz fortsetzen und schriftlich festhalten kann.

Ich bitte sie, die Vorsichtsmassnahmen zu beachten, die Kerze vor der schützenden Hand auszublasen und weise sie auf den Notfalleimer mit Löschwasser und ein Decke zum Löschen hin. Ich appelliere an Verantwortung und Vertrauen im Umgang mit dem Feuer.

Selberdenken: Die Kinder richten ihren Arbeitsplatz ein, sie stellen die Kerzen auf, bereiten ihr Schreibzeug vor, lesen den Arbeitsauftrag. Dann zündet sich jedes Kind wachsam seine Kerze an, beobachtet und schreibt. Die Beobachtungen fesseln. In konzentrierter Ruhe und Neugier wird aufgeschrieben. Die Kinder kennen derartige Arbeitsaufträge, bei denen es um eine eigenständige Auseinandersetzung geht aus der Arbeit mit dem Reisetagebuch (nach Ruf/Gallin 1990).

Dieses Vorgehen gibt den Kindern Zeit, sich nach eigenem Mass Gedanken zu machen. Es verlangsamt den Beobachtungsprozess und macht die Beobachtungen bewusster, dadurch dass man sie präzise in Worte fassen muss. So haben die „Langsamen“ und die „Schnellen“ die gleiche Chance, einen eigenständigen Lernprozess zu vollziehen.

Erster Reisetagebuchauftrag: Meine Kerze

Titel: Die Kerze

- Richte deinen Platz ein und konzentriere dich einen Moment ganz ruhig.
- Lies den Auftrag zu Ende, bevor du beginnst. Schreibe deine Beobachtungen so auf, wie wenn man alles in Zeitlupe noch einmal erlebt.



Anzünden der Kerze Zünde die Kerze an und achte sofort drauf, was in diesem Augenblick passiert. Es verändert ganz schnell etwas an deiner Kerze. Betrachte sie eine Weile. Schreibe alles, was du beim Anzünden beobachtet hast, auf.

Warum leuchtet die Kerze? Nimm dir Zeit, beobachte alle Teile der Kerze und versuche zu erforschen, was passiert. Schreibe deine Beobachtungen und Ideen auf.

Das Reisetagebuch: Ole notiert seine Beobachtungen im Kerzenheft. Das Reisetagebuch ermöglicht den Kindern, auf verschiedenen Wegen zum Ziel zu kommen und es stellen sich überraschende Ergebnisse ein.

Die Reisetagebuchtexte sind Teil des Dialoges mit der Lehrperson, aber auch der weiterführenden Diskussion mit der Klasse.

Kindertexte: Anzünden der Kerze

Wenn man die Kerze anzündet, dann ist sie gross und nachher immer kleiner. Die Flamme flimmert und will nach oben. Aussen ist sie hell und innen dunkel. Unten am Docht ist es blau. (Kerstin)

Die Kerze hat eine Aura. Mit der Aura fühle ich mich wohl. Beim Anzünden der Kerze ist die Flamme gross, später ist sie wieder klein. Die Flamme hat verschiedene Farben. Die Kerze ist etwas sehr Schönes. (Ole)

Wenn man die Kerze mit irgend etwas berührt, wird die Flamme grösser. Der See wird immer tiefer. Wenn es keinen Platz mehr hat für das geschmolzene Wachs, überläuft es. Am Anfang ist die Flamme klein, dann wird sie immer grösser. Wenn man die Augen ein bisschen schliesst, sieht man Strahlen. (Melanie)

Ich habe entdeckt, dass es zuerst eine ganz helle Flamme ist. Dann wurde die Flamme dunkel. Die Flamme wird immer kleiner. Es bildet sich ein Kreis in der Kerze. Irgendwie sieht es so aus, wie wenn die Kerze das Wachs wieder aufsaugt. Und es sieht so aus, als ob es eine zweite Flamme hat. (Benny)

Am Anfang war der Docht waagrecht. Doch schon nach kurzer Zeit richtete er sich langsam auf. Zuerst flackerte die Flamme ganz wild, doch mit der Zeit wurde sie ganz ruhig und sie bekam einen schönen Umriss. (Stephany)

Kindertexte: Warum leuchtet die Kerze?

Wenn es kein Wachs gäbe, könnte die Kerze nicht brennen. (Kaja)

Warum die Kerze brennt, weiss ich nicht, aber ich finde es falsch, wenn man sagt: "Die Kerze brennt", denn nach meiner Ansicht brennt ja nur der Docht und nicht die ganze Kerze. (Julia)

Die Kerze, also das Wachs verschwindet, weil das Wachs verdampft. Wenn man die Hand über die Kerze hält, hat man eine feuchte Hand. (Ole)

Der Docht brennt sehr gut und der Docht brennt sehr lange. Ich vermute, dass wenn das Wachs schmilzt, dann gibt es ein Seelein. Dadurch kann der Docht nicht abbrennen. Ganz allein würde der Docht nicht brennen. Er braucht das Wachs, so brennt er länger. (Simon)

Das Feuer wird ja eigentlich durch den Docht ausgelöst. Denn ich denke, dass das Wachs nicht dazu da ist, dass die Kerze brennt, sondern dass die Kerze länger brennt. Denn ohne Wachs würde der Docht viel zu schnell abbrennen. (Alissa)

Die Kerze leuchtet, weil der Docht brennt. Das Wachs verhindert, dass der Docht schnell verbrennt. (Marin)

Flammen leuchten, weil alles, was brennt, das leuchtet. (Maurizio)

Der Spitz der Flamme ist heisser als im Feuer drin. (Michael)

***Meine Reflexion:** Diese Texte haben die Kinder verfasst ohne eine fremde Hilfe. Sie tauschten ab und zu eine Entdeckung untereinander aus. Die Neugier und die Fülle von möglichen Beobachtungen am Phänomen Kerze weckten bei den Kindern erstaunliche produktive Entdeckungen und Vermutungen. Die Kerze macht Vieles aus sich selbst deutlich.*

Gemeinsames Finden von Erkenntnissen im Gespräch: Die Kinder bringen ihre Hefte mit in den Kreis, sie melden sich eifrig, und wollen ihre Entdeckungen vortragen. Sie hören einander zu, setzen die Gedanken fort, setzen sich kritisch mit Äusserungen auseinander, suchen Problemlösungen. Das Gespräch erschöpft sich erst, als all die verschiedenen Aspekte auf die sie gestossen sind, genannt sind. Ich bewerte die Beobachtungen nicht und stelle in Aussicht, dass wir die angestellten Vermutungen am nächsten Tag genauer untersuchen wollen. Erschöpft, aber auch zufrieden sind die Schüler und auch die Lehrerin nach diesem grossen und intensiven Auftakt, der für alle gleichermassen neu und herausfordernd ist. Ich nehme die Hefte an mich. In 2 Stunden Nachbearbeitung lese ich bis zum nächsten Tag die Einträge, bewerte sie mit den Prädikaten: erfüllt, gut, sehr gut. Die Bewertungskriterien sind: die Genauigkeit der Beobachtung, die Originalität der Überlegung und die Qualität der Formulierung.

Ich notiere als Ergebnis einige Vermutungen aus den Texten der Kinder, um sie am nächsten Tag als Einstieg vorzulegen und zu diskutieren. Sie geben uns die Fragestellungen für unseren weiteren Entdeckungspfad vor. Diese Vermutungen hänge ich an die Ausstellungswand, auf der bereits einige Zeichnungen der Kinder hängen und das Portrait Michael Faradays.

Die 3 Aggregatzustände sind bei dieser ersten Beobachtung jedem Kind deutlich geworden und ich halte sie in Bild und Text an der Tafel fest.

Die Kinder wenden den Begriff der Aggregatzustände, den sie vom Wasser bereits kennen, auf die Kerze an und halten sie anhand einer erneuten Kerzenzeichnung im Heft fest.

Die 3 Aggregatzustände der Kerze:

fest → flüssig → gasförmig
hartes Wachs → schmilzt → weisser Dampf



2. Tag

Auftritt einer historischen Person : Lernen und Forschen wie Michael Faraday:

Die Begegnung mit Michael Faraday weist uns nicht nur den fachlichen Forschungspfad, sondern auch das Vorgehen. Für die Lern- und Arbeitstechnik des naturwissenschaftlichen Forschens finden wir in ihm ein historisches Vorbild. Seine Fragestellung, sein Interesse an der Vermittlung an Jugendliche und schliesslich die Versuchsanordnungen und Beweisführungen, werden uns zum Vorbild und zur wissenschaftlichen Leitschnur. Ich hänge sein Bild auf und stelle den Kindern Michael Faraday vor. Es ist eine Vergrößerung seines Portraits aus der „Naturgeschichte der Kerze“, reprinta historica, 1979. Daneben hängt ebenfalls das vergrösserte Photo einer Weihnachtsvorlesung, auf das mich Prof. Berg aufmerksam machte. Es ist im Jahrtausendturm von Magdeburg ausgestellt unter dem Thema des Aufbruchs in die Neuzeit. „Faradays Vorlesungen sind sehr beliebt - sie werden sogar von Mitgliedern der königlichen Familie besucht. Hier eine Weihnachtsvorlesung für Kinder im Jahre 1849.“ (Katalog „Der Jahrtausendturm von Magdeburg - So wurde die Welt verändert“ S.79). *In der späteren Lehrstückinszenierung tritt Michael Faraday selbst auf mit einer schwarzen Fliege und dem dunklen Jackett. In zwei Situationen gibt er den Kindern Anleitungen für das weitere Forschen. Die Begegnung wird dadurch noch viel lebendiger.*

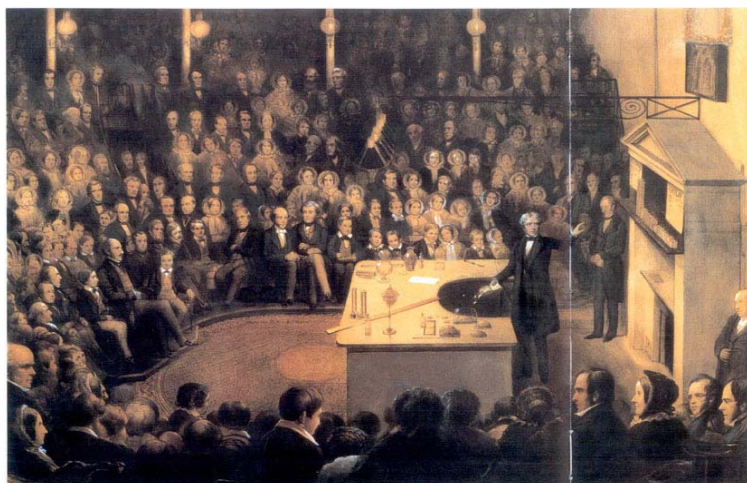


Die Erzählung: Wer war Michael Faraday? Michael Faraday war ein englischer Forscher in Chemie und Physik. Obwohl alles, was mit elektrischem Strom zu tun hat, Faradays eigentliches Forschungsgebiet war, hat er den Werdegang der Kerze erforscht, die er als geniale Erfindung bezeichnete. Ihn faszinierte, dass die Kerze sich verwandelt und vergeht. Er wollte genau wissen, wohin sie geht und hat über 100 Versuche zur Kerze durchgeführt. Er merkte, dass dabei die wichtigste Methode ist, gut und genau zu beobachten und Vertrauen zu haben in die eigene Wahrnehmungsfähigkeit.

Michael Faraday wurde 1791 in der Nähe von London geboren und war Sohn eines Hufschmiedes. Er lebte in ärmlichen Verhältnissen. Sein Vater starb als er erst 18 Jahre alt war. Michael Faraday ging bei einem Buchbinder in London in die Lehre. Unter den Büchern, die dort verkauft wurden, waren wissenschaftliche Werke, die Faraday las, unter anderem las er eine Anleitung, wie man lernen lernt, von Isaac Watts. Dieser gab den Rat, Buch zu führen über die Ideen und Beobachtungen, die man macht.

Faraday las Bücher über die Chemie und das grösste Lexikon von England, in dem alles Wissen dieser Zeit aufgeschrieben war. Er führte einfache chemische Experimente durch, die er mit seinem Wochenlohn

von einigen Groschen finanzieren konnte. Dann übte er das Schreiben und nahm Zeichenunterricht, um seine Versuche auch aussagekräftig und exakt zeichnen zu können. Er legte sich Merkbücher an, die angeschrieben waren mit „Naturwissenschaftliches Allerlei“. Faraday lernte die Elektrizitätslehre kennen. Schliesslich besuchte er Vorlesungen an der Royal Institution, wurde dort Assistent eines Professors und konnte ihn auf eine Vortragsreise durch Europa begleiten. 1833 wurde er dessen Nachfolger als Professor für Chemie an der Royal Institution.



An der Royal Institution fanden jährlich die sogenannten „Weihnachtsvorlesungen für die Jugend“ statt über verschiedene Wissensgebiete, die die Schüler Londons während der Weihnachtsferien gegen Eintritt hören konnten. Sie erhielten bald grossen Zulauf. Im Dezember 1860 und Januar 1861 hielt Faraday dort zum ersten Mal die Vorlesung über „Die Naturgeschichte der Kerze“.

Meine Reflexion: Die Kinder lauschen gespannt der Erzählung. Das Verbindende mit Faraday ist die Frage, wie die Kerze brennt, aber auch sein überraschender Lebensweg, sein Lernweg und die Geschichte, dass er für die Jugend gelehrt hat. In Anlehnung an Faradays Lerntechnik werden die Experimente und Beobachtungen Schritt für Schritt im Kerzenheft beschrieben. Es ist ein persönliches Lernheft, in dem die Beobachtungen der Experimente mit eigenen Texten und Zeichnungen festgehalten werden. Diese Methode wird in unserem Unterricht im Rahmen erweiterter Lernformen vielfach angewendet. Mit der Biographie Michael Faradays sind wir hier auf ein historisches Vorbild für diese Methode gestossen.

Die Kinder erhalten eine Portraitzeichnung von Michael Faraday und Stichworte über seine Lebensgeschichte als Hilfe für ihre Nacherzählung. Julia hat die Aufgabe so gelöst.

DAS LEBEN VON MICHAEL FARADAY

Michael Faraday wurde am 22. September 1791 in der Nähe von London geboren. Sein Vater war Schmied und er selber besuchte sieben Jahre die Buchbinderlehre. Da er sich sehr für Bücher interessierte, las er die Bücher die er band, auch meist. Einmal las er eins, in dem man lesen konnte, wie man lernen lernt. Von da an schrieb er alle Beobachtungen und Ideen auf, die er an einem Tag erlebte. Er begann sich sehr für Chemie und Physik zu interessieren und führte einige Versuche durch. Bald wurde er von einem Professor für Chemie und Physik aufgenommen und wurde dessen Assistent. Mit ihm machte er eine Europareise und besuchte viele Vorträge. Da Michael Faraday ein grosser Bewunderer der Kerze war, machte er 1861 einen Vortrag für die Jugendlichen er **DIE NATURGESCHICHTE DER KERZE** nannte. W

MICHAEL FARADAY

1.2 Lernen und Forschen wie Michael Faraday

Die Physik der Kerze: Beim Anzünden der Kerze können die Kinder von Anfang an physikalische Veränderungen beobachten: das feste Wachs geht in einen flüssigen Aggregatzustand über, die Kerze nährt eine Flamme und verändert sich selbst dabei. Die Beobachtungen setzen zunächst einen linearen Forschungsweg in Gang. Der Zusammenhang zwischen Wachssee und Flammengröße ist ersichtlich. Damit sind die Schüler durch sorgfältiges Beobachten auf den Regelkreis der Kerze gestossen. Die Schüler sollen ihre Vermutungen in die kleinen Schritten naturwissenschaftlicher Beweisführung umsetzen lernen. Nach der Lehrregeltradition „Richte dich bei der Lehrform nach der Natur des Gegenstandes“ (Berg 1993, 25) werden die produktiven Spuren aus den Beobachtungen mit Experimenten ausprobiert, um so zu den richtigen Schlüssen zu gelangen.

3. Tag



Was brennt? Wir versammeln uns um einen kleinen Versuchstisch im Kreis. Eine Kerze ist aufgestellt, wenige Hilfsmittel liegen bereit: Docht, Wachs, ein Metallschälchen, eine Zange, ein Glaszylinder. Wir orientieren uns an den Vermutungen vom Vortag.

Der Docht allein brennt schlecht: „Der Docht brennt“, hatte Michael behauptet. Er hält vorsichtig mit der Zange ein Stück Docht in die Kerzenflamme. Es bildet sich am Ende eine kleine Flamme, wandert nur ein bisschen dem Docht entlang und erlischt. Der Docht allein vermag nicht viel. „Welche Aufgabe hat



der Docht?“, frage ich. Die Kinder vermuten, er müsse das Wachs aufsaugen. Wir halten ihn ins Wasser und sehen, dass er sich schnell vollsaugt. Ich erkläre, dass der Docht einen Sog bewirkt und immer, wenn das Wachs an der Flamme verbrannt ist, neues Wachs ansaugt.



Russ ist in der Flamme: „Es hat Russ in der Flamme.“, behauptet Simon. Er hält ein Schälchen darüber und zeigt das Ergebnis. „Aber brennt der Russ?“, frage ich, um bei der Leitfrage zu bleiben. „Es ist wie Kohle“, meint einer.“ Aber an der Kerze selbst kann man keine Kohle sehen, ist das nicht seltsam?“, bemerke ich.

Brennt das feste Wachs? Die Kinder halten festes Wachs in die Flamme. Es schmilzt nur.

Brennt das flüssige Wachs? Wir halten ein Schälchen mit Wachs in die Kerzenflamme. Das Wachs schmilzt, lässt sich aber nicht entzünden.

Der Flammensprung: Nun ist die Zeit für ein überraschendes Experiment gekommen, das eine heisse Spur legt. Ich erkläre den Kindern, dass Michael Faraday dieses Experiment durchgeführt hat in seinen Weihnachtsvorlesungen. Ich blase die Kerze aus und entzünde den aufsteigenden weissen Dampf. Die Flamme springt zurück zum Docht. Ein Raunen geht durch die Klasse. Sie wollen es noch einmal sehen, um sicher zu sein. Manche haben den kurzen entscheidenden Augenblick verpasst. Ich wiederhole und lasse dann verschiedene Schüler ausprobieren. Die anderen schauen gespannt zu. Der Flammensprung ist eine rätselhafte, erstaunliche Entdeckung. Die Kinder wollen ihn selbst ausprobieren und staunen, dass es wirklich funktioniert, wenn man die Kerze geschickt und sachte, aber kräftig ausbläst und den Dampfaden entzündet. „Was brennt denn hier also?“, frage





ich. „Es ist der Wachsdampf.“, lautet die Antwort.

In späteren Kerzeninszenierungen erhält der Flammensprung einen zentralen Stellenwert zu Beginn des Lehrstückes, weil er auf ganz erstaunliche Art die Sogfrage in Gang bringen kann.

Wachsdampf entzünden: „Lässt sich der Wachsdampf auch entzünden, wenn wir es mit dem Gasbrenner bis zum Dampfen erhitzen?“. Ich erhitze das Wachs im Schälchen mit dem Gasbrenner. Wir vergleichen es mit dem vorangegangenen Versuch. Das dampfende Wachs lässt sich entzünden, eine Vielzahl von Flammen lodern. Ein

Kind sagt: „Die Flammen streiten sich.“ „Um was denn?“ „Sie wollen alle nach oben!“, ist die Antwort. „Wo befindet sich denn der Wachsdampf in der Flamme?“ Mit dieser spannenden Frage beschliessen wir die Versuche, um nun alles, was wir gesehen und ausprobiert haben, zu zeichnen und aufzuschreiben.

4. Tag

Wo befindet sich der Wachsdampf in der Flamme? Wie könnten wir die Flamme untersuchen, wird überlegt, man kann ja nicht zu nahe herangehen. Ein Kind sagt: „Sie hat ein Loch in der Mitte, dort ist es durchsichtig und blau“.



Ich biete nach einiger Diskussion, wie man in die Flamme schauen könnte, ein Gitternetz zur Hilfe an. Ich selbst musste der Frage nachgehen, weshalb sich die Flamme unterbrechen lässt mit einem Drahtnetz und erhielt von einem Chemiker die Auskunft, dass das Metall die Hitze leitet und die Flamme unterbricht. Dank dessen können wir

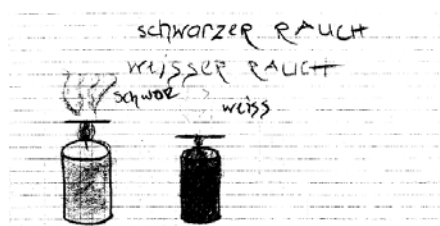
in das Flammeninnere blicken. Der Hohlraum und die Aufsicht auf den Docht erstaunen die Kinder. Erst nach einer Weile bemerken sie, dass eben aus diesem Hohlraum weisser Dampf entweicht.

Der Flammentanz: Die Kinder halten das Drahtnetz in die Flamme. Tatjana und Aferdita experimentieren exakt, unterbrechen die Flamme weiter oben und weiter unten, bis es gelingt, den weissen Dampf in einer kräftigen Fahne aufsteigen zu lassen. Sie entzünden ihn und staunen, wie ein Flämmchen auf dem Netz tanzt. Aus der Flammenspitze jedoch steigt russiger Rauch auf. Das ist die zweite Begegnung mit dem Russ. Stephany sagt staunend: „Das ist Zauberei!“



Wachsdampf ableiten: Ich fordere die Kinder auf, mit einem Röhrchen nach dem weissen Dampf zu suchen in der Flamme. Im Zweierteam wird vorsichtig, geduldig und konzentriert ausprobiert. Am Ende des Röhrchens lässt sich eine kleine Tochterflamme entzünden. In einem Kolbenglas fangen wir den Wachsdampf mit Hilfe eines gekrümmten Röhrchens auf. Beim Abkühlen verfestigt er sich wieder zu festem Wachs. Es ist also Wachs, was den Dampf der Kerze so weiss erscheinen lässt. Die Kinder können mit einem Holzstäbchen Wachsflocken abkratzen.

Wo ist die Flamme am heissesten? Dass in der Flamme eine Zauberei im Gange ist, treibt das Interesse vorwärts. Ich zeige den Kindern mit einem Papier, das ich rasch über die Flamme halte, wo die Flamme am heissesten ist. Am Flammenmantel spielt sich etwas noch Unbekanntes ab. Lea geht ganz vorsichtig vor. Sie erschrickt als das Papier Feuer fängt. Ein Eimer Wasser steht bereit. Dann gelingt es und sie kann schwarze Kreise auf das Papier zaubern. Die Brandspuren auf Papier und Holzspan ermitteln die heissesten Zone am Flammenmantel und zeigen, dass die Flamme im Inneren einen Ring ausspart.



Wenn man die Spitze der Flamme mit einem Sieb, das die Flamme nicht durchlässt, unterbricht, gibt es schwarzen Dampf. Das kommt daher, dass der Rauch an der Spitze der Flamme rüssig ist. Wenn man aber die Flamme unter dem Docht unterbricht, gibt es weissen Wachsdampf.

Die Dokumentation: Die Schüler halten nach jeder Versuchsreihe die Versuchsanordnung in ihrem Kerzenheft als Bild fest und schreiben die besprochenen Beobachtungen und Interpretationen in eigenen Worten auf.

Meine Reflexion: *Die Kerzenphysik: Die eigenständige Beweisführung gelingt so lange, wie die Fragen und Vermutungen der Kinder physikalisch, und das heisst sichtbar, nachvollzogen werden können: „Die Flamme schmelzt das Wachs“. „Der Docht allein brennt nicht gut, er braucht das“ Wachs. „Der Docht muss das Wachs aufsaugen“. „Der Wachssee reguliert die Flamme“. Die Versuche nehmen im physikalischen Teil Bezug auf die direkten Beobachtungen der Kinder. Ich orientierte mich an der Versuchsauswahl zur Physik der Kerze von E. Theophel (in Berg/Schulze 1997). Die exakte Auswertung der Versuche habe ich bei Faraday nachgelesen. Die Chemie der Kerze und Kreisläufe in der Natur habe ich mit Hilfe der Erzählung von Ortwin Johannsen (Die Kerze im Kreislauf der Welt) ausgearbeitet.*

2. Akt: Die Chemie der Kerze

Die Zauberei in der Kerze: Die weitere Untersuchung der Flamme braucht andere Impulse und Hilfsmittel, sie ist nicht mehr selbsttragend wie die physikalischen Experimente. Man muss die Elemente zwingen, sich uns erkenntlich zu machen, fordert uns Faraday auf. Mit Hilfe der folgenden Experimente nähern wir uns immer mehr dem Ort, an dem die Zauberei in der Kerze stattfindet.

Die Untersuchung der Kerzenflamme

Was nimmt die Flamme aus der Umgebungsluft? Es ist die Luft, stellen die Kinder lächelnd fest. Brennt die Kerze auch ohne Frischluftzufuhr? Ein Kind stülpt ein Glas über die Kerze. Die Kinder zählen und beobachten, wie die Flamme schwindet und erstickt. Sie will also frische Luft atmen. Ich verteile den Kindern Faradays Erklärung („Luft ist unumgänglich notwendig...“, S.60). Es macht den Kindern Mühe, die Schriftzeichen zu entziffern und sie erkennen Unterschiede in der Rechtschreibung und Wortwahl. Dies verstärkt aber den Eindruck einer Begegnung mit der historischen Figur.

Luftzufuhr verändert die Flamme: Ich stelle den Kindern die Luftzufuhr des Gasbrenners vor, den wir für das Erhitzen des Waxes benutzten. Die Flamme des Brenners verändert sich durch das

Öffnen der Luftzufuhr ins Innere der Flamme. Sie brennt heisser, stärker und hat keine Leuchtkraft mehr. Ich fordere die Kinder auf, zu beschreiben, wie die Flamme sich verändert hat. Will man also eine Leuchtkraft haben wie bei einer Kerze, so darf die Hitze und Luftzufuhr nicht zu stark sein. Wenn wir der Flamme mehr Sauerstoff zuführen (mit dem Brenner), leuchtet sie nicht mehr, ist aber heisser und stärker. Der Sauerstoff nützt der Flamme als Hitzequelle, er nimmt ihr aber ihren Nutzen als Lichtquelle.

Wasser ist in der Kerze: Oles Behauptung, dass die Hand über der Flamme feucht wird, wird mit einem Glas überprüft, das über die Flamme gehalten wird. Es lässt sich beobachten, wie sich Wasserdampf sammelt und sich Tröpfchen absetzen an der Glaswand. Das umgestülpte Glas zeigt uns, dass sich Wasser in der Kerze befindet. Dass das Wasser in einem Kreislauf zirkuliert in verschiedenen Aggregatzuständen, ist bekannt, aber dass es in der Kerze versteckt in einer nochmals anderen Weise vorkommt, das ist unglaublich.

In unserer späteren Lehrstückdurchführung konnten wir mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe das „Feuerwasser“ aus der Kerzenflamme einsammeln, wie das S. Wildhirt angeregt hat.

7. Tag

Das Schattenbild der Kerze: Ich stelle eine Kerze vor eine kleine Holzpyramide, sie wirft ihren Schatten auf ein weisses Blatt. Die Schüler stellen fest: „Ein Körper wirft einen Schatten, weil das Material undurchsichtig ist“. Mit dem Diaprojektor werfe ich in geringem Abstand das Schattenbild der Kerze auf ein weisses Blatt an der Wand. Die Kinder stellen fest, dass der innere Flammenbereich durchsichtig ist, da wo sie Wachsdampf ableiten konnten. Der obere Flammenteil wirft einen dunklen Schatten. Sie staunen, dass gerade dort der Schatten am dunkelsten ist, wo die Flamme am hellsten leuchtet. Jemand bemerkt jedoch, dass dies genau dort ist, wo der schwarze Rauch zu finden war. Es ist also der Russ, der den Schatten wirft.

Der Luftstrom wird seitlich und oberhalb der Kerze sichtbar. Wir spüren, dass sich die Luft kühl anfühlt. Ich erkläre, dass der Luftstrom das Wachsschälchen kühlt und die Flamme mit nach oben zieht. Wir sehen, wo Luft und Flamme zusammentreffen. Ich erinnere die Kinder an ihre ersten Vermutungen und Beobachtungen: die Flammen wollen nach oben, sie werden gezogen, sie werden geformt. Die Kinder zeichnen das Schattenbild ab oder fahren es nach. Das Schattenbild der Kerze belegt, dass sich dort der Russ befindet, wo die Kerze am hellsten brennt und ein Luftstrom die Flamme empor zieht.

Arbeit mit Originaltexten: Wir lesen die Erklärung Faradays (S. 69) zur Verbrennung des Kohlenstoffes, in dem der geheimnisvolle Umwandlungsprozess ausdrucksstark formuliert wird und das Staunen aus Faradays Haltung zum Ausdruck kommt. Die Kinder schreiben als Hausaufgabe, Faradays Erklärung zur Schattenkerze in Schulschrift in ihr Heft ab.

8. Tag

Die Leuchtkraft: Das Feuerwerk: „Ich zeige euch ein spannendes Experiment, mit dem ihr herausfinden könnt, von welchem Stoff die Flamme ihre Leuchtkraft hat“, kündige ich den Kindern an. Ich puste mit dem Röhrchen Kupferspäne, Magnesiumpulver, Eisen und Kohlestaub nacheinander in die Kerzenflamme. Die Kinder beobachten die grüne Kupferflamme, das blitzende Magnesiumgefunkel, den kalten Lichtschein des Eisens und das warme Gelb der Kohlenstoffflamme, die unverkennbar mit der Kerzenflamme verwandt ist. Es ist für die Primarschüler ein neuer Zugang zu naturwissenschaftlichem Vorgehen, dass sich ein Stoff aus der Farbe der Flamme bei der Verbrennung zu erkennen gibt: es ist Kohle, die so eine warme gelbe Flamme macht.

Meine Reflexion: Die Verwirrung ist gross: Wasser, Russ und frische Luft spielen eine Rolle. Verwandlungen finden statt, Stoffe entstehen und verschwinden. Die Kinder werden neugierig und werfen den Blick auf das Ganze, was um die Kerze herum geschieht. Hier müssen wir die Gangart ändern.

3. Akt: Die Kerze im Kreislauf der Natur

Die grossen Kreisläufe können wir nicht mehr an unserem Versuchstisch nachvollziehen. Mit Hilfe von Bildern und Erzählungen stellen wir die Kerze in ihren grossen Zusammenhang in der Natur.

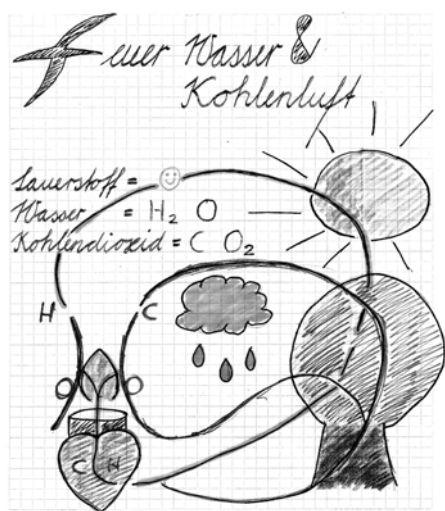
- Wie nun ist dieser Kohlenstoff in die Kerze gelangt?
- Wie ist es möglich, dass in der trockenen Kerze Wasser enthalten ist?
- Weshalb spielt die Luft eine so wichtige Rolle?

9. Tag

In dieser Situation lerne ich die Erzählung von Ortwin Johannsen (Die Kerze im Kreislauf der Welt) kennen. Ich entscheide mich, seine Erzählung mit einer Zeichnung zu kombinieren. Im Kreis lese ich die Erzählung vor, die die Kinder ebenfalls in der Hand halten. Sie löst uns das Rätsel um das vielfältige Geschehen in der Kerzenflamme. Die Elemente, denen wir begegnet sind, fügen sich zu einem Kreislauf zusammen:

Wasser und Kohlenstoff sind im Kerzenwachs miteinander verbunden. Sie werden durch die Hitze der Flamme getrennt und verbinden sich mit dem Sauerstoff der frischen Luft. Als Wasserdampf, H_2O und Kohlendioxid, CO_2 verschwinden sie in die Luft. Als Niederschlag gelangt das Wasser zur Pflanze, im CO_2 wird der Kohlenstoff mit Hilfe des Sonnenlichtes von der Pflanze aufgenommen und in der Photosynthese verarbeitet. Wasserstoff und Kohlenstoff verbinden sich zum Kohlenwasserstoff, der Sauerstoff wird in die Luft abgegeben, wo er von Tier, Mensch und Kerze wieder verbraucht wird. Der Kreis schliesst sich. Ein Mädchen stellt fest: „Es geht ja nichts verloren!“

10.-12. Tag



Das Bild des Kerzenkreislaufs: Die Kinder haben die Aufgabe, die Elemente Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff in Ortwin Johannsens Text mit je einer Farbe an jeder Stelle zu markieren. Anschliessend werden diese Farben auf die schematische Zeichnung im Text übertragen. Am Tafelbild

werden die Bewegungsabläufe wiederholt geübt. In einem eigenen ausgeschmückten Bild setzen die Kinder die Zeichnung mit den definierten Farben nochmals um.

Anhand des Ravensburger Kindersachbuches „Die Welt der Insekten“ flechte ich eine mündliche Erzählung über die Wachsherstellung der Bienen ein. Sie bringt den Kohlenstoff aus der Pflanze wieder zur Kerze. Ebenfalls wiederholen wir den bereits bekannten Wasserkreislauf anhand eines Arbeitsblattes.

In der späteren Lehrstückdurchführung wird hier ein Versuch zur Photosynthese durchgeführt. Alle Produkte, die bei den Versuchsstationen entstanden sind, werden anschaulich in einen Kreis gestellt. (vgl. Wildhirt)

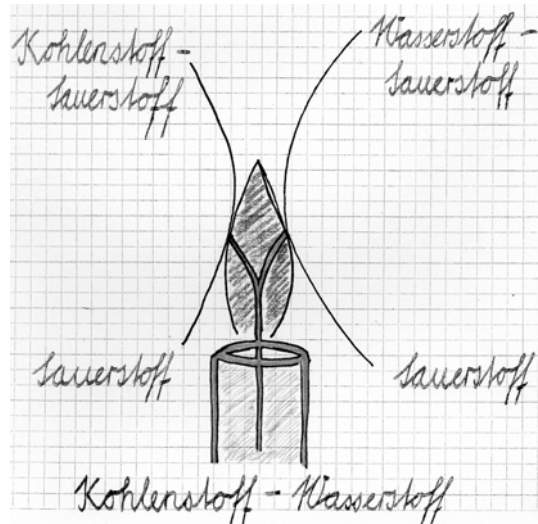
Meine Reflexion: Der Kreislauf: Besonders gut gefällt mir am Text von Ortwin Johannsen, dass die Elemente als aktive Teilnehmer personifiziert werden, was der kindlichen Vorstellungswelt entgegenkommt. Sie erhalten jedoch ihren Antrieb nicht aus sich selbst, sondern aus dem scheidenden Feuer und aus der verbindenden Sonnenenergie. Im einzelnen bleibt es für die Schüler dieser Stufe noch abstrakt. Die Kinder erkennen aber, dass sich die Kreisläufe schliessen, dass die Kerze in einem grossen Ganzen steht, was über unser Klassenzimmer hinausreicht. Das Bild in seiner Geschlossenheit löst die Verwirrung und gibt die Sicherheit zurück, dass eine überschaubare Ordnung vorhanden ist. Die Kerze steht im Kreislauf der Welt wie ich selbst auch. Das ist die grossartige Erkenntnis zu der alle die Kerzenbeobachtungen zusammenführen.

Rückblick auf den Lehrstückpfad mit Hilfe eines

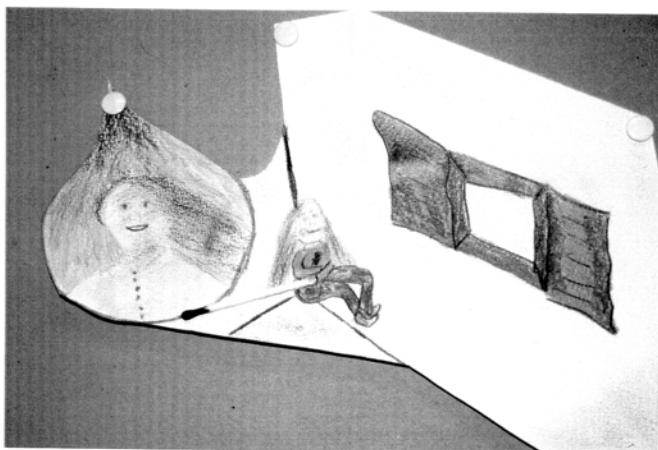
Übungsspiels: Das Übungsspiel enthält alle Stationen, die wir zum Kerzenlehrstück durchgeführt haben. Die Kinder erhalten pro Gruppentisch die Karten mit den Texten und die Bilder. Ihre Aufgabe ist, die passenden Paare zu bilden und sie in die Reihenfolge des Lehrstückpfades zu bringen. Sie haben damit einen Überblick über den gemeinsamen Forschungsweg.

Finale: Das Signet

Die Vereinfachung der Kreislaufdarstellung ist erst auf dem Hintergrund des grossen zusammenhängenden Wissens über die Kerze möglich. Das abstrahierte, vereinfachte Symbol (vgl. Johannsen und Wildhirt) bekommt als Abschluss des Lehrstückes einen Ehrenplatz auf der Eröffnungsseite des Heftes.



Der äussere Kreis des Lehrstückes: Mehrdimensionale Begegnungen



Das Forschen und Handeln des Kerzenlehrstückes war begleitet durch die Rituale der Weihnachtszeit, ein Adventskranz wurde geflochten, „Grittibänz“ gebacken. Bei einem winterlichen Waldspaziergang entzündeten wir ein grosses Feuer. Die Kinder verglichen die blauen und gelben Teile der Flammen mit der Kerze und staunten über die Vielzahl der Flammenzungen, die sich zu streiten schienen.

Als literarisches Beispiel für die vertikale Dimension der Flamme las ich den Kindern das Märchen von Hans Christian Andersen „Das kleine Mädchen mit den Schwefelhölzchen“ vor.

Die Verbindung mit dem Himmel ist die Imagination. Für den Jungen, der dieses Bild gezeichnet hat und vor ein paar Monaten die Mutter verlor, kommt der Trost aus der Flamme wie im Märchen.

Faradays Kerze in der Achten – Ein Kurzbericht

von Annemarie Hensinger

Mit einer kurzen Show habe ich seit Sommer 2000 vielen Menschen in meinem Bekanntenkreis das Staunen über die Kerzenflamme beigebracht: Der Flammensprung!

Damit kann ich allen begreiflich machen, dass es dieser Flammensprung war, der die Initialzündung für meine Beschäftigung mit dem Lehrstück „Die Kerze“ wurde.

In kollegialer Vorbereitung mit Uli Bühler, Mittelstufenlehrerin, habe ich mich eingearbeitet, das Werden und Vergehen der Kerze zu verstehen. Die schon bestehenden schriftlichen Unterrichtsberichte von

Aeschlimann, Theophel und Johannsen, sowie das kleine Büchlein mit den 6 Vorlesungen von Faraday, „Naturgeschichte einer Kerze“ waren die Grundlagen dazu.

Unterrichtsdurchführung im Herbst 2000: Wir alle, Schülerin, Lehrerin und zwei Seminaristinnen im Praktikum, waren fasziniert vom Gang des Lehrstücks. Wir spürten den Fragen nach: dem Docht, dem Wachs, der Flammenform und -farbe, dem Wachsdampf, dem Wasser in der Kerze, der Kapillarität, den Aggregatzuständen, dem umgebenden Luftstrom, dem Schattenbild der Kerze, dem Innern der Flamme, dem Russ.

Dies alles ist der physikalische Teil der Kerze, der in nacheinanderfolgenden Resultaten beobachtet werden kann.

Die folgenden Fragen aber haben mich fast zur Verzweiflung gebracht:

Was leuchtet in der Flamme? Ist es wirklich die Kohle, die glüht? Gibt der „Russ“ der Flamme ihre warm leuchtende Farbe?

Faraday erklärt auf S. 69: „Die Hitze einer Kerzenflamme zersetzt den Wachsdampf und macht die Kohlenteile frei. Diese steigen erhitzt und glühend empor, entweichen dann in die Luft – freilich nicht in Form von Kohle, sondern in vollkommen unsichtbarer Gestalt. Und die Kerze verdankt der Anwesenheit fester Teilchen in der Flamme ihre Leuchtkraft.“

An dieser Stelle gerät das Lehrstück in den Verwandlungsbereich der Chemie: „... die Hitze zersetzt den Wachsdampf und macht die Kohleteilchen frei!“

Dr. Berg und Susanne Wildhirt versuchten geduldig, meine „chemischen Lücken“ aufzufüllen. Zusätzlichen Rat holte ich mir noch bei Edi Sutter in seiner Schrift: „Die Oxydation des Kohlenstoffs“ - und ich war überzeugt, dass nun erstens ich und zweitens auch meine Klasse gründlich verstehen muss, was eine Verbrennung sei. Daher suchten wir in verschiedenen organischen Stoffen (Zucker, Holz, Früchte ..), nach Kohlenstoff wir verbrannten Kohlenstoffe, wir wiesen mit Kalkwasser nach, dass das entstehende Gas Kohlendioxyd ist (dass auch die menschliche Atmung noch dazu kam, ist für mich ja klar!), weiter erkannten wir, dass unter Luftabschluss kein Kohlendioxyd entsteht.

Und endlich tagte es in meiner Vorstellung, dass die umgebende Luft sich mit der „Wachskohle“ verbindet - also Kohle + Sauerstoff = Kohlendioxyd!

Nach dieser ernsthaft gegangenen Seitenstrasse konnten wir erstarkt zurückkehren zum Glühen des „Wachskohlenstoffes“. Es war uns jetzt verständlich, dass die Kerzenflamme rußt, weil die Sauerstoffzufuhr der Umgebungsluft ungenügend ist, es gibt keine vollständige Verbrennung.

Diese Erkenntnis festigten wir noch mit der leuchtenden und entleuchteten Flamme des Bunsenbrenners (vollständige Verbrennung mit Luftzufuhr ohne Rußen, unvollständige Verbrennung mit geschlossenen Luftlöchern).

Auch blies ich in die leuchtende Flamme die folgenden Metallpulver: Magnesium, Eisen, Kupfer – und erst als ich Kohlepulver in die Brennerflamme blies, glühte sie farblich gleich warm wie die Kerzenflamme. Es ist also wirklich die Kohle, die leuchtet.

Die Kerze ist ein packendes Lehrstück, das an die Klassenstufe angepasst, als kleine oder größere Tour geplant werden kann. Ich freue mich darauf, meiner jetzigen ersten Real an der Kerze die Physik und die Chemie zu eröffnen – mit faszinierendem Anfang, leuchtendem Höhepunkt, bündigem Schluss, mit einem roten Faden in einer klaren Gesamtfigur.

Die Erinnerungskerze – Ein Kurzbericht

von Andreas Suhner

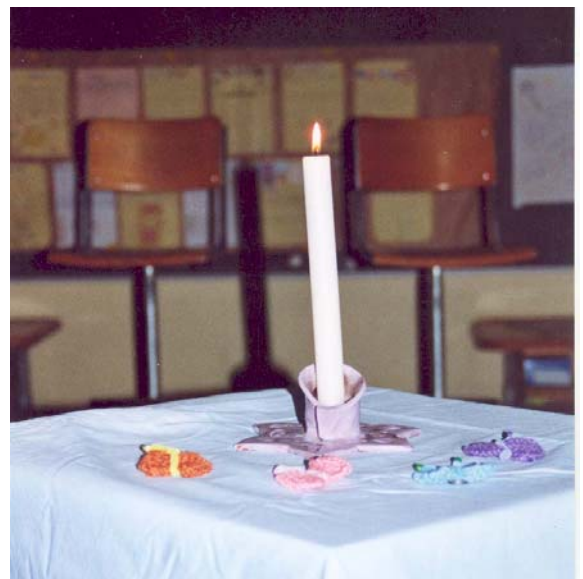
Einleitung: Für die 4. Primarklasse war das Kerzenlehrstück die erste Kontaktnahme mit dieser Lehrmethode. Die 12 Knaben und 9 Mädchen meiner Klasse konnten aus dem eigenen teilweise reichen Erfahrungsschatz im Umgang mit Kerzen schöpfen und sie mit den neuen Erkenntnissen des Kerzenunterrichts verknüpfen. Weil meine Klasse zu über 60% aus fremdsprachigen Kindern besteht, mussten auch einfache Begriffe wie Docht, Wachs, Hufschmied... eingeführt werden. Auch brauchte die Klasse zur schriftlichen Ausarbeitung der Unterrichtsinhalte längere Zeit als ursprünglich vorgesehen. Sie setzte sich intensiv mit der Sache auseinander, doch die benötigten Zeitgefässe hierfür belegten am Schluss deren Erforderlichkeit.

Komposition: Ich führte das Lehrstück soweit durch, wie ich es in der Primarstufe für realisierbar hielt. Dies bedeutete, dass der Kohlenstoffkreislauf nicht vollumfänglich erörtert werden konnte. Unser Finale sollte folglich das Feuerwerk werden, unter Einbezug der Flammenform und Andeutung eines Kreislaufs als Regel der Natur. Damit folge ich ungefähr den Spuren Uli Aeschlimanns, der die Kerze in der Primarstufe durchgeführt hat und ebenfalls auf die Nachweisversuche der Verbrennungsprodukte verzichtete und das Kerzenlehrstück mit der Identifizierung des Rußes als Flammen färbenden Stoff beendete.

Von Kollegin Uli Bühler übernahm ich die Idee des Einbezugs der Person Michael Faradays; ich stellte ihn von Beginn an ins Zentrum, damit wir in die Technik des Lernen Lernens getreu eines „echten“ Vorbilds eintauchen konnten.

Ebenfalls lehnte ich meine Durchführung an die grundsätzlich bewährte Schrittfolge an: Erinnerungskerze unter Einbezug des kulturellen Hintergrunds und der Menschheitsgeschichte – Michael Faradays Person mit Herkunft, Werdegang, wichtigen Entdeckungen, Lernen lernen – Flammensprung als erste Beobachtungsaufgabe und mit dem Reiz des Erzeugens eines besonders großen Sprungs – das Ersticken der Flamme – das Flammenmeer und der Blick ins Innere der Flamme – die Aggregatzustände (hier war zum ersten Mal von einem Kreislauf die Rede) – der Flammentanz – Wachsdampf sammeln und entzünden – Erzeugen einer Tochterflamme – Flammenform im Schattenbild mit der Andeutung eines Regelkreises – Feuerwerk.

Schwerpunkt der Eröffnung: Die Erinnerungskerze: Für das Gelingen eines Lehrstücks ist es notwendig, die Eröffnung gründlich durchzuführen, damit die Schüler auf den richtigen Kurs gesetzt sind, bis zum Ende gut und motiviert mitarbeiten können. Ich möchte daher das Augenmerk auf den Anfang des Kerzenlehrstücks richten.



Mein Unterricht begann am 20. November 2001. Die Fensterläden waren geschlossen, das Zimmer ganz eingedunkelt. Beinahe feierlich schritt ich in die Mitte zu unserem kleinen Tischchen, auf dem eine Kerze stand, und entzündete sie. Eine besinnliche Stille trat ein. Alle Augenpaare blieben fixiert auf die Flamme. Die Ruhe im Klassenzimmer zog sich fast unerträglich lange hin. „Bitte schliesst nun eure Augen. Achtung, fertig, zu!“ Ich öffnete die Läden, dann durften die Schüler wieder die Augen öffnen. Ein zweites Mal sollten die Kinder nun die Augen schließen und sich genau versuchen vorzustellen, was sie gesehen hatten. Mit geschlossenen Augen meldete sich Gzim zu Wort: „Ich sehe die Kerze so schön wie vorhin im Dunkeln.“ Viele nickten, und Mathias ergänzte: „Wir können sogar mit „zunen“ Augen alles wieder sehen!“ – Die Erinnerungskerze haftete also fest in den Vorstellungen der Kinder. Jetzt galt es, diese Erinnerungskerze, die alle mit geschlossenen Augen vor sich „gesehen“ hatten, in ihr neues, leeres Themenheft zu zeichnen. Und: ein kleiner Trick hilft beim Zeichnen: Immer, wenn die Kinder meinten, sie könnten „überhaupt nicht gut“ zeichnen (Mathias), mussten sie nur die Augen schließen, dann sahen sie die brennende Kerze wieder deutlich vor sich und konnten weiterzeichnen.

In einem zweiten Schritt beschäftigten wir uns mit der Biographie Michael Faradays. Kinder dieser Altersstufe lernen besonders gut durch Vorbilder, und Faraday wurde als Autodidakt zu einem der berühmtesten Forscher der Physik und Chemie aller Zeiten. Es lohnt sich also, seinen Anregungen zu folgen und alle Ideen, die er zu einem Thema hatte, genau zu verfolgen und aufzuschreiben. So erzählte ich den Schülern nicht nur aus Michael Faradays Leben, sondern verteilte ein Portrait und gab ihnen Material an die Hand, aus dem sie selbständig einen Text zur Lebensgeschichte Faradays schreiben sollten.

Wozu diese aufwändige Eröffnung? – Von Anfang an sind die Schüler sich gewohnt, genau zu beobachten und ihre Beobachtung wiederzugeben – als Zeichnung, als Text, als mündlichen Beitrag, als niedergeschriebene Idee.

Die Erinnerungskerze ist ein schönes Beispiel dafür, sich etwas „einzuprägen“, inwendig zu lernen, um es auswendig zu wissen – so haben die Naturforscher zu allen Zeiten gelernt, gedacht, Erkenntnisse gewonnen. Die Zeichnungen der Erinnerungskerze sind allesamt schön: Die meisten sind nicht impressionistisch oder naturalistisch gezeichnet, eher expressionistisch. In ihnen bringen die Schüler ihre eigene Person und ihren Charakter mit zum Ausdruck; man merkt, dass es ihnen neben der Genauigkeit der Darstellung auch ums Gestalten ging. Diese Ästhetik pflanzte sich fort: Die Heftführung blieb meist bis zuletzt ordentlich, die eigenen Gedanken wurden möglichst sorgfältig versucht zu verfassen.

Rückblick: Im Nachhinein muss ich anmerken, dass ich einige Bemerkungen und Schlussfolgerungen meiner engagierten Klasse zu wenig beachtet respektive in den Unterricht einbezogen habe. Auch wenn es noch mehr Zeit in Anspruch nähme – wir haben uns schließlich wochenlang mit der Kerze beschäftigt – ließe ich bei einem weiteren Durchgang alle länger experimentieren, sie selbst noch stärker Lösungen finden. Als sehr hilfreich für die Arbeit im Schülerheft erwiesen sich unsere „Protokolle“, welche in ein spezielles Heft als Lerntagebuch mit Reflexionen geführt wurden und auf die wir uns immer wieder berufen konnten.

Bereichernd waren Besuche von Eltern, von Studenten des Lehrerseminars, von Kolleginnen und Kollegen. Sie sprangen schnell auf und ließen sich mit uns in den Bann der Kerze ziehen. Oftmals während dieser Besuche erwiesen einzelne meiner Klasse sich als geschickte Lehrmeister und animierten unsere Gäste zum „learning by doing“ – denn: „So lernte auch der große Faraday!“

Seither begleiten Kerzen unseren Schulalltag noch bewusster und liefern immer wieder Anknüpfungspunkte für das eigene Lernen meiner Klasse. Bei Lernprozessen taucht auch immer wieder die Lernerfahrung Faradays als motivierender Impuls auf.

Warum Faradays Kerze mein erstes Lehrstück wurde

von Regula Schaufelberger

Einleitung

Warum die Kerze mein erstes Lehrstück wurde
Verschiedene Klassen

1. Motivation durch Faszination
 2. Aktives, eigenständiges, forschendes Lernen
 3. Die Lehrkraft lernt mit
- Rückblick und Ausblick



Einleitung: Die Kerze nach Michael Faraday war das erste Lehrstück, an das ich mich herangewagt hatte. Das war in meinem ersten Kursjahr an der Lehrkunstwerkstatt in Kreuzlingen im Januar 2001. „Die Kerze“ hat mich von Anfang an fasziniert und in dieser Unterrichtsform so sehr überzeugt, dass ich sie seither in jedem folgenden Schuljahr mit verschiedenen Klassen durchgeführt hatte und zur Zeit bereits auf drei erfolgreiche „Inszenierungen“ zurückblicken kann. In diesem Bericht möchte ich jedoch weniger die Erlebnisse bei der Durchführung beschreiben, sondern vielmehr einige Schwerpunkte setzen. Bei einem dreimaligen Durchgang kristallisieren sich Dinge heraus, bekommen immer klarere Konturen. Professor Dr. Christoph Berg erklärte bereits am Anfang unseres Kurses, dass jedes Lehrstück mindestens dreimal unterrichtet sein müsse. Damals hatte ich diese schlichte Aussage zwar zur Kenntnis genommen, jedoch verstehe ich sie erst heute richtig - in ihrer ganzen Tragweite. Nicht nur kam es bei jeder Durchführung zu einer Optimierung (wie zum Beispiel die Ouvertüre „Woher und wohin?“ beim dritten Mal im Januar 2003, die von meinem Kollegen Adrian Spirgi auch in diesem Buch beschrieben wird), sondern durch die unterschiedlichen Voraussetzungen merkte ich auch immer stärker, was den Reiz, die Faszination dieses Lehrstücks ausmacht und weshalb „Die Kerze“ zu einem Muss für jeden Pädagogen - vor allem auf der Volksschulstufe - wird.

Meinen Kurzbericht möchte ich wie folgt gliedern:

Warum gerade die Kerze mein erstes Lehrstück wurde, möchte ich kurz beschreiben. In einem Überblick über die drei verschiedenen Klassen, werde ich auf die schulischen Voraussetzungen und die unterschiedlichen Unterrichtssituationen eingehen.

Als Schwerpunkte wähle ich die folgenden drei aus:

1. Motivation durch Faszination,
2. Aktives, eigenständiges, forschendes Lernen des Schülers/der Schülerin,
3. Die Lehrkraft lernt mit.

Warum die Kerze mein erstes Lehrstück wurde? Im Frühsommer 2000 machte ich am Seminar Bekanntschaft mit Professor Dr. Christoph Berg und Studienrätin Susanne Wildhirt. Sie stellten die Lehrkustdidaktik nach Wagenschein in einigen kurzen Präsentationen vor. Zwar war mir damals noch nicht klar, ob sich diese Art von Unterricht auf unserer Mittelstufe der Volksschule durchführen ließe, aber ich spürte von Anfang an eine innere Fesselung, welche weit über meine übliche Neugier und mein Interesse für Neues hinausging. So meldete ich mich für den zweijährigen Kurs an. Gleich zu Beginn sollten wir uns für ein Lehrstück entscheiden. Ich wählte „Linnés Wiesensträube“, da ich mich auf diesem Gebiet etwas heimischer fühlte und so notfalls auf Bekanntes zurückgreifen konnte. Ich sah damals auch noch nicht, wie man mit einer gewöhnlichen Kerze ein Lehrstück inszenieren und damit zwölf bis fünfzehn Lektionen ausfüllen konnte.

Im Dezember 2000 präsentierte Susanne Wildhirt die Kerze auf äußerst eindruckliche Weise. Ich wurde sofort in ihren Bann gezogen. Dieses kleine Stück Wachs, welches zu meinem täglichen Leben gehört und mir deshalb auch vertraut ist, bekam plötzlich eine ganz andere Bedeutung und Dimension. Ich war überwältigt. Dazu kam, dass bereits zwei Kolleginnen, Uli Bühler und Annemarie Hensinger, erste Erfahrungsberichte aus dem Unterricht mitbrachten, und ich ließ mich von ihrer Begeisterung anstecken. Zudem wusste ich, dass ich mit meinem erstgeplanten Lehrstück frühestens im Mai 2001 einsteigen konnte. Das dauerte mir zu lange. Ich entschied mich spontan dafür, zusätzlich die Kerze zu unterrichten. Während der Weihnachtsferien begann ich mit den Vorbereitungen, und Annemarie zeigte sich bereit, mich in kollegialer Art zu unterstützen. Da an unserer Schule weder Bunsenbrenner noch Erlenmeyerkolben aufzufinden waren, half sie mir aus und stellte mir neben dem Kalkwasser auch die verschiedenen Pulver (Magnesium, Kupfer, Eisen und Kohlenstoff) für das Feuerwerk zur Verfügung. Ich las mich in das Leben von Michael Faraday (Michael Faraday, Naturgeschichte einer Kerze) ein, den ich bis dahin nur durch den Faraday'schen Käfig in Erinnerung hatte. Ich befasste mich mit den Experimenten, übte den Flammensprung und den Flammentanz und spürte, welche gewaltige Faszination von diesem kleinen Stück Wachs ausging. Ich studierte auch den Bericht „Kerze nach Faraday“ von Eberhard Theophel (nachzulesen in „Lehrkunst. Lehrbuch der Didaktik“, Hans Christoph



Berg/Theodor Schulze 1995 S. 283–304) und Annemarie kopierte mir freundlicherweise Ortwin Johannsens unveröffentlichten Bericht „Faradays Kerze in einer 9. Klasse in Goldern“. Nach den Weihnachtsferien war ich bereit und startete mit meinen Sechstklässlern.

Verschiedene Klassen: Es war eine sechste Klasse von 19 Schüler/innen (6 Mädchen und 13 Knaben) im Alter zwischen 13 und 14 Jahren in Kradolf. Ich hatte diese Kinder nach meinem Urlaub - zwei Jahre vorher - als Viertklässler übernommen. Die Klasse war leistungsmäßig sehr unterschiedlich, neben einem hochbegabten Knaben hatte ich - auf meinen Wunsch durfte ich sie bei mir behalten - auch eine Sonderklässlerin. Während dieser zwei Jahre hatte ich meinen Unterricht vermehrt auf Reisetagebuch umgestellt, das heißt, die Klasse war sich gewöhnt, eigene Gedanken zu entwickeln und aufzuschreiben. Das war für die Inszenierung dieses Lehrstücks eine gute Vorbereitung gewesen, vor allem bis zum vierten Akt (Klasse A).

Im Sommer 2001 wechselte ich in eine integrative, mehrklassige Schule nach Neuwilten. Ich unterrichtete elf Drittklässler und neun Sechstklässler (vier Mädchen und fünf Knaben) im Alter zwischen 13 und 14 Jahren. Diese beiden Klassen kamen von zwei verschiedenen Lehrkräften zu mir, die Drittklässler aus der Unterstufe und die Sechstklässler von einem Lehrer, der den Lehrberuf an den Nagel gehängt hatte. Leider wirkten die Letzteren sehr demotiviert auf mich, alles war ihnen zu viel und obwohl sie aus einer mehrklassigen Schule kamen, war ihnen selbstständiges, effizientes Arbeiten völlig fremd. Lernen bedeutete für sie lediglich Reproduzieren von vorgetragenem Stoff oder eingetrichtertem Wissen. Mit ihnen begann ich mit dem Lehrstück kurz vor Weihnachten 2001, nachdem wir uns noch etwas mit Reisetagebuch beschäftigt hatten (Das ist Klasse B).

Im August 2002 hat Adrian Spirgi, ein Kollege unserer Lehrkunstwerkstatt Kreuzlingen, seine Arbeit an unserer integrativen Schule in Neuwilten aufgenommen. Er unterrichtet eine 5. Klasse (1 Mädchen und 8 Knaben) und eine 6. Klasse (9 Mädchen und 5 Knaben) im Alter zwischen 12 und 14 Jahren. Dieser Klassenzug wurde im vergangenen Schuljahr (2001/2002) wegen unglücklicher Umstände von vier verschiedenen Lehrkräften unterrichtet, was sich auch verheerend auf die Klassendisziplin ausgewirkt hatte. Ich spürte, dass Adrian sehr gerne dieses Lehrstück mit seinen Schüler/innen durchführen wollte - vor allem, nachdem Susanne Wildhirt uns im Herbst 2002 die neue, faszinierende Ouvertüre zur Kerze vorgestellt hatte - doch mir schien, ihm fehlte der Mut dazu. Ich schlug ihm vor, dass er den Einstieg, die Nachbereitung (Hefteintrag, Zeichnungen etc.) und den Schluss unterrichten sollte, ich würde die Experimente durchführen. Das gäbe ihm gleichzeitig die Möglichkeit, seine Klassen zu beobachten, sich Notizen aufzuschreiben und zu fotografieren. Er ging sofort auf meinen Vorschlag ein und wir machten uns gemeinsam an die Vorbereitungen. Leistungsmäßig sind es recht gute Klassen mit aufgeweckten, interessierten Kindern (Klasse C).

1. Motivation durch Faszination: Die gewaltige Faszination, die von diesem Lehrstück ausgeht, ist an und für sich schon phänomenal. So, wie wir Erwachsene von der Kerze in ihren Bann gezogen wurden, so hatte ich es noch viel stärker auch bei den Schüler/innen aller drei Klassen gesehen. Es lässt sich nur rudimentär beschreiben, mit welcher Andacht und Intensität gearbeitet wurde. Das muss man als Lehrkraft einfach erlebt haben! Davon sprechen nicht nur die äußerst genau beschriebenen Experimente und die mit viel Liebe zum Detail gezeichneten Darstellungen der einzelnen Unterrichtssequenzen - und zwar bei allen drei Klassen. Ich möchte einige Erlebnisse kurz erwähnen, die für mich als Lehrkraft besonders eindrücklich waren.

In Kradolf führte ich die Experimente jeweils in einem kleinen Raum durch, der unter der Turnhalle neben dem Werkraum und dem Klassenzimmer für Textiles Werken lag. Wegen der Frischluft ließ ich die Türe stets offen. Immer wieder geschah es, dass eine Lehrkraft ihren Kopf verwundert durch die Tür streckte, überrascht von der großen Kinderschar, die hier mucksmäuschenstille, auf engstem Raume, ihre Experimente durchführte, notierte und wieder einen weiteren Versuch startete. Die Stille wurde jeweils höchstens durch einen freudigen Ausruf beim Gelingen unterbrochen. Dies war umso verwunderlicher, galt meine Klasse als besonders lebhaft, so sehr, dass sie meine Kollegin vom Textilen Werken oft zur Verzweiflung brachte.

In der Klasse B fiel mir auf, dass eine ganz andere Arbeitshaltung Einzug hielt. Das begann bei der Körperhaltung beim Sitzen, über die intensive Aufmerksamkeit beim Zuhören bis hin zur Bereitschaft, große Eigenleistungen zu bringen. Da freute mich vor allem die Verwandlung von Michi, für den bis zu diesem Zeitpunkt die Schule lediglich ein notwendiges Übel war, in der man die Zeit einfach absitzen musste. Mit Begeisterung erzählte er mir jeden Morgen, welche Experimente er Zuhause ausprobiert hatte - freiwillig! - und zu welchen Erkenntnissen er wieder gekommen sei. Seine Mutter - eine Lehrerin - bestätigte erleichtert die Freude, mit der er jetzt zur Schule ging. Diese Begeisterung hielt übrigens so sehr an, dass er sich auch mit viel Einsatz an sein erstes freies Projekt setzte und eine tolle Arbeit ablieferte. Dieser gewaltige Motivationsschub wirkte sich nicht nur bei Michi so positiv aus. Ich spürte allgemein eine viel größere Bereitschaft der ganzen Klasse, sich am Unterricht zu beteiligen, auch einmal etwas mehr zu leisten, einfach eine gute Grundstimmung, was mich außerordentlich freute.

Nach dem Kerzenlehrstück und der damit verbundenen „lernfreudigen“ Atmosphäre baute ich eine

Unterrichtssequenz mit Lernpartnerschaften ein. Die Sechstklässler sollten einander oder den Drittklässlern – und umgekehrt – etwas, das sie besonders gut beherrschen, beibringen. Der sonst eher etwas unentschlossene Martin wusste für einmal sofort, was er anbieten würde: den Flammensprung. Und er konnte die kleine Kathrin damit so begeistern, dass für beide diese Lernpartnerschaft ein großer Erfolg wurde.

Vor der ersten Doppelstunde in Klasse C bangte mir ein wenig. Die Schüler mussten sehr eng in der Mitte des Klassenzimmers sitzen, was bei dieser äußerst lebhaften, schnell aggressiv werden Schülerschar bereits ein Handicap zu sein schien. Doch auch sie waren so sehr fasziniert vom Flammensprung, gefesselt von unserer Frage, was denn nun brenne, das



Wachs oder der Docht, dass alle internen Spannungen weg waren und wir schneller als gedacht vorwärts kamen. Nach der ersten Unterrichtssequenz kam einer der eher schwierigen Schüler strahlend auf mich zu und meinte: „Das ist etwas vom Geilsten gewesen, das wir je hatten!“ Durch Adrians Krankheit mussten wir die Kerze nach der zweiten Doppelstunde etwas auf Eis legen. Immer wieder kamen während der Pause verschiedene Schüler auf mich zu und fragten: „Wann endlich fahren wir bei der Kerze weiter?“ Als wir nach einigen Wochen Unterbruch weiterfuhren, war ich überrascht, dass die gesamten, vorher gewonnenen Erkenntnisse noch da waren. Adrian hatte es einigen, besonders verhaltensauffälligen Kindern freigestellt, während dieser Doppelstunde draußen etwas Anderes zu arbeiten. Wenn sie sich jedoch für diesen Unterricht entscheiden sollten, mussten sie ganz ruhig sein. Alle wollten bleiben – und kein einziger störte!

2. Aktives, eigenständiges, forschendes Lernen: Dieses Lehrstück eignet sich meiner Meinung nach sehr gut, die Schüler/innen selber forschen zu lassen, wenigstens bis zur Verbrennung im vierten Akt. Gerade das eigene Überlegen, Hypothesen aufstellen, durch Experimente verifizieren und in der Klasse den Gedankenaustausch pflegen erlebte ich in der Klasse A als einen faszinierenden Prozess. Die Fragen, die auftauchten und die wir - noch - nicht beantworten konnten, schrieb ich an die Wandtafel. Von Experiment zu Experiment ließen sich einzelne Fragen streichen, weil wir die Antwort gefunden hatten, andere blieben fast bis zum Schluss stehen. Ich ließ die Schüler/innen immer zuerst beobachten und nachher ganz ausdrücklich ihre eigenen Ideen dazu schreiben. So schrieb zum Beispiel André zum Flammentanz: „Ich denke, dass der Flammentanz nur mit weißem Gas funktioniert. Den schwarzen Rauch (das Gas) kann man so oft wie man will anzünden. Doch er oder es brennt einfach nicht. Den Grund dafür weiß ich nicht. Es könnte aber daran liegen, dass im oberen Teil der Flamme kein Gas enthalten ist. Dadurch steigt nur Schwarzer Rauch (Russ) hoch. Im unteren Teil der Flamme ist jedoch Gas enthalten. Mit dem Gitter filtert man das Gas heraus. Entzündet man dieses, entsteht wie der obere, fehlende Teil der Flamme. Hält man das Gitter zu nahe an die Flamme hin, brennt die Flamme einfach durch das Gitter hindurch.“

Oder Ramon schreibt zur Frage „Woher stammt der Russ?“ folgende eigene Ideen auf: „Eine Idee beantwortet einen Teil der Frage: Ich kann (noch) nicht sagen, woher der Russ genau stammt, dafür aber, wo sicherlich nicht: von der Luft!!!!!! Der Grund? Beim ersten Versuch mit dem Bunsenbrenner, wo die gelbe Flamme etwas Luft hatte, wurde der Teller schwarz unten. Beim zweiten Mal, als Frau Schaufelberger noch mehr Luft „dazudrehte“ und die Flamme blau wurde, war der Teller unten immer noch weiß. Der Beweis: Wenn man noch mehr Luft „dazudreht“, wird der Teller unten nicht rußig. Als die Flamme wenig, ja sogar fast keine Luft hatte, wurde er schwarz. Das zeigt, dass der Ruß nicht von der Luft stammt!“

Tief berührt hatte mich jedoch Michaels Erkenntnis. Gemeinsam betrachteten wir in der Klasse den Kohlenstoffkreislauf, den ich groß an die Wandtafel gezeichnet hatte und besprachen ihn. Am Schluss der Stunde schaute er mich groß an und meinte: „Frau Schaufelberger, da geht ja gar nichts verloren!“ Was will man mehr...

In meiner Klasse B erlebte ich, dass dieses genaue Beobachten, den Vorgang bis ins Detail beschreiben und eigene Gedanken dazu formulieren, praktisch alle Schüler/innen aktiviert hatte, was sich auch im Schulalltag äußerst positiv auswirkte. Dass ich mir ihre Ideen anhörte und in der Klasse diskutierte, weckte in ihnen auch vermehrt das Gefühl, ernst genommen zu werden.

Nicht zu unterschätzen ist die Nachhaltigkeit bei dieser Art des Unterrichts und dieser Form des Lernens, was das Wissen anbetrifft. Immer wieder – auch bei anderen Lehrstücken – bin ich überwältigt, wie viel vom Gelernten, respektiv vom Erfahrenen, Gehörten, Erlebten wirklich noch Wochen und Monate später „hängen“ geblieben ist. Bis ins kleinste Detail konnten sich die Schüler/innen an gewisse Begebenheiten oder Ereignisse erinnern. Und wenn ich bedenke, wie leicht und schnell auch schwächere Schüler begriffen haben, um was es wirklich geht, so bekommt auch die Effizienz des Lernens ein nicht zu unterschätzendes Gewicht. Das scheint mir – vor allem hinsichtlich der steten Reduktion von Unterrichtszeit, so wie dies zum Beispiel in unserem Kanton auf Sommer 03 wieder vorgesehen ist – besonders wertvoll und höchst erstrebenswert.

3. Die Lehrkraft lernt mit: In keinem anderen Fortbildungskurs erlebte ich so stark, wie ich immer wieder zur Schülerin werde, wie in der Lehrkunstwerkstatt. Das hat sicher damit zu tun, dass die Kursgestaltung so aufgebaut ist, dass wir Teilnehmer/innen immer präsent sein müssen, werden wir doch stets aktiv einbezogen. Prof. Dr. Berg und Susanne Wildhirt schaffen auch immer wieder Querverbindungen zu andern Stoffbereichen, sei es kulturhistorischer, sprachlicher oder biologischer Art. Das hilft mir, den großen Bogen zu spannen und bereichert mein Wissen ungemein. Doch die Lehrstücke sind so ausgewählt, dass ich - bis heute - noch keines erlebte, bei dem ich nicht dazulernen durfte. Ein eindrückliches Erlebnis in dieser Hinsicht hatte ich bei der Kerze. Abgesehen davon, dass ich mir vorher noch nie Gedanken darüber gemacht hatte, was brennt, war ich mir auch nicht bewusst, woraus die Kerze besteht und warum jede Kerze die gleiche Flammenfarbe hat.

Doch bei der Durchführung merkte ich plötzlich, dass ich beim vierten Akt anstand. Ich spürte instinktiv, dass ich an einer Grenze angelangt war, wusste aber nicht an welcher und warum. Erst im Gespräch in der Kleingruppe wurde mir klar, dass jetzt das Lehrstück von der Physik zur Chemie wechselt, das heißt, ich konnte jetzt die Klasse nicht mehr experimentieren, Hypothesen aufstellen und verifizieren lassen. Jetzt war ich als Lehrkraft gefragt mit meinem Wissen von der Verbrennung. Doch wie erkläre ich einem Sechstklässler diesen chemischen Vorgang? Da half mir Prof. Bergs Vorschlag, den Schüler/innen zu erklären, dass hier wie durch ein Zauber eine Verwandlung stattfindet. Und plötzlich fiel es mir wie Schuppen von den Augen: Ich hatte die Pyrolyse und die Fotosynthese zum ersten Male im wahrsten Sinne des Wortes „be-griffen“!

Ganz ähnlich ging es übrigens meiner Tochter Tamar, die auch Lehrerin ist, bei der Präsentation des Pythagoras. „Hätte ich ihn so einmal während meiner Schulzeit erklärt bekommen, oder besser wäre er mir so sichtbar gemacht worden, ich hätte mir viele Schweißtropfen ersparen können“, war ihr Kommentar.

Rückblick und Ausblick: Ich stehe zur Zeit bei meinem siebten Lehrstück. Drei Schwerpunkte habe ich aus dieser Unterrichtsform herausgegriffen und ich stelle fest, sie gelten für alle von mir bis jetzt durchgeführten Lehrstücke. Jedes der Phänomene fasziniert in seiner Art. In jedem werden die Kinder zu eigenem Denken und selbstständigem Handeln angeregt und überall werde ich als Lehrkraft gefordert, wieder Neues dazu zu lernen. Doch was nicht vergessen werden darf und sicher ein nicht zu übersehendes Gewicht zum Erfolg in der Schule beiträgt, ist die Art der Inszenierung. Mit größter Sorgfalt wird mit uns Lehrkräften die ganze Dramaturgie - von der Ouvertüre bis hin zum Finale - jede einzelne Sequenz bis ins kleinste Detail besprochen, Überflüssiges weggelassen, Wichtiges noch beigefügt. Und mit Genugtuung stelle ich fest, dass immer seltener Prof. Dr. Bergs Einwand fällt: „Das ist zwar guter Unterricht, aber noch keine Lehrkunst!“ Jedesmal - nach Abschluss eines Lehrstücks - bleibt in mir ein totales gutes, starkes Gefühl tiefer Zufriedenheit zurück. Und ich bin mir sicher, nicht nur bei mir...