

Marc Müller

Erfahrungen zuerst

Eine Auswahl erfahrungsbasierter Einstiege in Lernarrangements

Ich kann mich mit einem Gegenstand nur dann gewinnbringend auseinandersetzen, wenn ich ihm bereits begegnet bin. Darum sind als Einstieg in eine Lernsequenz erste Erfahrungen mit dem jeweiligen Thema sinnvoll. Der Beitrag stellt vier Einstiege zu den Themen Wolken, Stromkreis, Flaschenzug und Mond vor und reißt an, wie es jeweils danach weitergehen kann.



1 | Um etwas zu einem Thema lernen zu können, muss ich schon irgendwelche Erfahrungen mit ihm gemacht haben

WORTSPEICHER

- der Wolkentyp
- die Wolkenordnung
- die Klassifikation
- die Batterie
- der Minus-Pol, der Plus-Pol
- das Kontaktgewinde
- das Kontaktplättchen
- der Stromkreis
- die lose Rolle, die feste Rolle
- der Flaschenzug
- die Mondphase
- der Kalender

Der Kern aller Plädoyers für erfahrungsbasierten Unterricht scheint mir im Insistieren auf die eigentlich triviale Beobachtung zu bestehen, dass jede intellektuelle Auseinandersetzung mit irgendeinem Gegenstand Realbegegnungen mit dem Gegenstand voraussetzt. Also unscharf gesprochen: Ich muss bereits etwas wissen, bevor ich durch angeleitete Auseinandersetzung zu noch mehr Wissen komme. Schärfer gesprochen: Dasjenige, was ich vorher bereits „wissen“ muss, ist gar kein Wissen, sondern es handelt sich dabei um Erfahrung. Oder noch anders: Jedem Unterricht, über welchen Gegenstand und über welches Thema auch immer, sind bereits Erfahrungen der Lernenden vorgängig, im Falle deren Fehlens die Lernenden nicht nur erstens äußerst schwer zum Ziel des Unterrichts gelangen werden, sondern zweitens überhaupt noch nicht einmal zwingend mit Verständnis in den Unterricht werden einsteigen können. Wer die jeweils nötige vorgängige Erfahrung nicht mitbringt, bleibt von demjenigen, worum es im Unterricht geht, verständnismäßig ausgeschlossen. Und so könnte das Motto dieses Beitrags lauten: „Kein Lernen ohne Erfahrungsgrundlage!“

Vorgänge Erfahrungen

Allerdings bleibt die Frage, welche Art von Erfahrung nötig ist. Denn die Art der nötigen Erfahrung hängt beträchtlich von der Art des Unterrichts ab (also von einer zentralen, durch aus autonomen Entscheidung von uns Lehrkräften). In einem Unterricht beispielsweise, der vor allem vom wissenschaftshistorischen Ende des jeweiligen Faches her geplant ist, treten die Lerngegenstände in aller Regel als abstrakte Objekte auf. Sie sind dann bereits von den Widerigkeiten des Alltags, von der Vielfalt der Gestalten, die sie tatsächlich annehmen können, von allen Launen und Vagheiten bereinigt. Und sie sind daher auch in mancherlei Hinsicht „unwirklich“ (s. **Didaktik kompakt**). Mitsolcherart Gegenständen braucht es dann Vorerfahrungen, auch mit dem Gewinn, der in solchen Abstraktionen liegt. Für einen anderen Unterricht wiederum, der zum Beispiel an den Eigenheiten der uns alle um- und mitfassenden Welt interessiert ist und sich dabei eher von den „stotternden“ Anfängen des jeweiligen Faches her inspirieren lässt, sind Realbegegnungen und Realausendensetzungen

mit den fraglichen Sachen als Erfahrungsgrundlage nötig. Und insbesondere auch: Geht es um einen Unterricht, in dem kommuniziert wird, wie es grundsätzlich auf jeden Unterricht zutrifft, dann sind ebenso diesbezügliche Erfahrungen nötig – etwa gegenstands- und themenbezogene Erfahrungen in und mit der jeweiligen Unterrichtssprache.

Was aber, wenn diese Erfahrungen fehlen – bei allen oder auch nur einigen der Lernenden?

Erfahrungsräume und geteilte Erfahrung

Die Antwort des Autorenteams des Praxismodells „Lernen in Erfahrungsräumen“ (Heck, Weber & Baumgartner 2013), von dem her dieses Heft inspiriert ist, lese ich so: Die fraglichen Erfahrungen müssen dann Teil des Unterrichts werden. Deshalb sollen die Erfahrungsräume bei „klare[r] Fragestellung“ als „offene Lernsituationen“ gestaltet werden, „bei denen ein Sachverhalt von den Lernenden auf eigenen Wegen erforscht wird“, deshalb sind „Umwege [...] erwünscht, Fehler unvermeidbar“ und suchen sich die Lernenden „einen eigenen Weg zur Sache und vereinfachen dadurch den Sachverhalt auf die für sie verstehbaren Aspekte“ (ebd., S. 10). Zu einem gemeinsamen „Austausch mit der Klasse“, zu einer „gemeinsame[n] Annäherung an die Sache“ bis hin zu einem vielperspektivischen Verständnis kommt es erst danach (vgl. ebd.). Also (erstens) auf der Grundlage eigener beziehungsweise in Kleingruppen gewonnener Erfahrung.

Und (zweitens) aber auch vor dem Hintergrund *geteilter Erfahrung* der gesamten Gruppe. Damit meine ich einen nicht zu unterschätzenden pädagogischen „Trick“, dessen Ursprung ich in der Erlebnispädagogik vermuten: Die fraglichen, für die wei-

tere Sacherschließung grundlegenden Erfahrungen werden zwar individuell gemacht (wie jede Erfahrung, selbst diejenige innerhalb der zwingend kommunikativen Kleingruppe), weil aber ein Raum geschaffen wurde, in dem alle Mitschüler:innen gleichzeitig und bewusst und an den gleichen Gegenständen mindestens *vergleichbare* Erfahrungen machen, ist die gemeinsame Bezugnahme auf die fragliche Sache von einer Unmenge an Missverständnissen befreit. Schließlich waren, verkürzt gesagt, „alle dabei“. Diese Art von Vorgehen wirkt daher verbindend. Sie stiftet für alle Lernenden Bezüge, die in wesentlicher Hinsicht keinerlei Erläuterung oder künstlicher Einführung bedürfen. Auch dann noch, wenn über ihre Bewertungen oder Konsequenzen gestritten werden mag.

Was bedeutet das für Unterricht? Es bedeutet, dass individuelle Erfahrung, wenn sie als geteilt erlebt wird, einen unstrittigen, unmittelbaren Fokus setzt. Es geht dabei um mehr als nur ein Abholen in der Lebenswelt oder ein Offenlegen unterschiedlicher Ausgangspunkte, wie es für jegliche lernförderliche Impulse im Sachunterricht gewünscht wird. Es geht darüber hinaus um einen für alle Beteiligten verlässlichen Ausgangspunkt für das weitere Fortgehen sowie für alle weiteren, auch intellektuellen Bezugnahmen. Solcherart geteilte Erfahrung ist also auch eine Art gruppeninterner Gleichmacher, aber das muss ja von sich aus noch nicht zwingend von Schaden sein. Wir könnten dies ebenso didaktisch nutzen, nämlich als Vergewisserung unseres gemeinsamen Startpunktes.

„Erfahrungen zuerst!“

Ich beschreibe im Folgenden vier Anfänge größerer Lernarrangements, von denen ich mir exem-

ZUM THEMA

Wolken, Stromkreis, Flaschenzug, Mond

KLASSENSTUFE

3–4

INHALTLICHE SCHWERPUNKTE

- Klassifikation der Wolken
- einfacher Stromkreis
- Kraftersparnis am Flaschenzug
- Mondphasen und ihr Bezug auf die Sonne

LERNCHANCEN

- einen ästhetischen Zugang zu Wissen erfahren
- das elektrische Grundprinzip nachvollziehen
- Kraftersparnis leibhaftig erfahren
- eine astronomische Grundkonstellation entdecken

UMGANGSWEISEN

- beobachten und Muster erkennen
- ausprobieren und diskutieren
- gemeinsam im Klassenverband experimentieren
- zeichnen und gedanklich in Beziehung setzen

DIE UNTERRICHTSEINSTIEGE IM ÜBERBLICK

1. *Wolken fangen:* Wolken mit Kräusen zeichnen und die Bilder nach typischen Mustern ordnen
2. *Eine Glühlampe zum Leuchten bringen:* einen Stromkreis herstellen und davon eine als Anleitung taugende Skizze anfertigen
3. *Die Kraftersparnis am Flaschenzug spüren:* gemeinsam mit Tau, Umlenkrollen und Baum angeleitet experimentieren
4. *Den Mond beobachten:* über mehrere Tage am selben Ort zur selben Zeit eine Skizze vom Standort des Mondes anfertigen

plarischen Charakter erhoffe. Wie es nach den Anfängen jeweils weitergehen könnte, ist nur angedeutet. Der Fokus liegt stattdessen auf dem Start und folgt damit dem Motto: „Beginne mit einer Erfahrung, bevor du ans Reflektieren, Konzeptbilden, Abstrahieren usw. gehst.“ (Das impliziert natürlich, dass auch wir Lehrkräfte selbst das alles, wovon dort die Rede ist, erst einmal ausprobieren und erfahren müssen!) – Ein Manko sei vorneweg eingestanden:



2 | Jedes Kind darf sich beliebig viele Papiere nehmen und darauf mit Kreiden Wolken malen

3 | Die Bilder werden auf einem großen Tisch ausgebreitet und sortiert

Keines der Beispiele hat originär gesellschaftswissenschaftlichen Charakter. Mit Naturwissenschaft, Technik und Astronomie kenne ich mich schlicht besser aus. Das bedeutet zudem, dass auch der oben angesprochene Aspekt „Unterrichtssprache“ zu kurz kommt, außer im Beispiel zu den Stromkreisen.

1. „Wolken fangen“

Angenommen, es geht um Aggregatzustände. Oft werden diese exemplarisch am Wasser thematisiert, also an den Veränderungen schmelzenden (Wasser-)Eises bis hin zu verdampfendem Wasser und an dem, was dafür alles nötig ist und dabei alles passiert. Rasch kommt dann auch die Luft ins Spiel, deren Fähigkeit, Wasserdampf aufzunehmen, mit ihrer Temperatur steigt, was wiederum unzählige Konsequenzen für Wetter und Klima hat. Damit geraten auch Wasser- und Windkreislauf in den Blick.

Worauf in diesem Kontext jedenfalls leichtfertig gewettet werden kann, ist, dass es irgendwann auch um Wolken geht. Meist zur Illustration eines bestimmten Aspekts der beiden Kreisläufe oder des Kondensierens von Wasserdampf, in aller Regel zudem als dankbare Gelegenheit für ästhetische Momente. Die Frage ist nur: Kennen die Kinder die Wolken überhaupt tatsächlich? Also aus eigener Beobachtung und somit eigener Erfahrung? Und selbst

wenn das zutreffen sollte: Da Wolken auf uns Menschen schon einen so tiefen, ästhetischen Reiz ausüben, dass überhaupt kaum jemand sich ihnen zu entziehen vermag, wieso beginnen wir dann nicht mit ihnen und, jetzt übertreibe ich, „schenken“ den Kindern die Wolken oder doch zumindest ein paar Minuten bewusster Wolkenbeobachtung? (Also echter Wolken, keiner Fotos!)

Für jedes Kind wird benötigt:

- mehrere (ca. 3–5) Stücke azurblauen Zeichenkartons oder Tonpapiers in ca. Format A6
- weiße und graue Kreide (z. B. Bruchstücke der wasserlöslichen Einzelkreiden „Neocolor II“)
- Töpfchen mit etwas Wasser (z. B. auch vom letzten Regen)
- ein Platz im Freien mit Blick in den Himmel

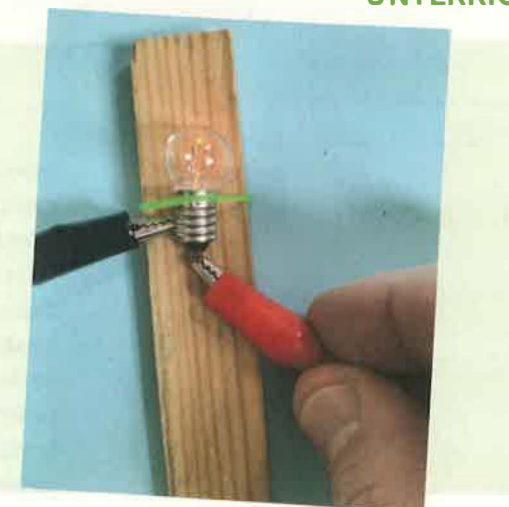
Es geht hinaus ins Freie, die Klasse verteilt sich an gemütliche Plätze. Die Aufgabe (insges. ca. 20 min.) besteht darin, erst den Himmel und die Wolken zu beobachten und dann auf den mitgebrachten Himmelsausschnitten (s. Abb. 2) Wolken „zu fangen“, also einige der individuell auffallenden Wolken mit Kreide zu zeichnen. Zurück im Klassenraum werden alle Zeichnungen auf einem großen Tisch verteilt, eventuell mit zusätzlichen, historischen Wolkengemälden (s. Abb. 3). Die Wolken sollen in eigenen Worten beschrieben, wiederkehrende Muster sollen entdeckt, Ähnliches soll zu Ähnlichem geordnet wer-

den. Dann werden Namen für die Wolkentypen erfunden und an deren Erscheinungsbild gerechtfertigt (s. Abb. 4). Wolken sehen also in der Tat unterschiedlich aus und sind zugleich einander ähnlich. Dabei verändern sie sich andauernd. Gerade gehörte eine Wolke noch zu dem einen Typ, ein paar Minuten später zerfasert, zerfranst, bauscht, wuschelt ... sie sich zu einem anderen ...

Wie es weitergehen kann:

- Gibt es eine verlässliche Wolkenordnung? (Ja, die gibt es! Luke Howard, ein Londoner Apotheker, hat sie 1802 in seinem Vortrag „On the Modification of Clouds“ vorgeschlagen und damit die Wolkenkunde und infolgedessen auch die Meteorologie begründet. Jeder Wetterbericht weltweit verwendet noch heute und nahezu unverändert seine Klassifikation, siehe das Lehrstück „Howards Wolken“, <https://www.lehrkunst.org/howards-wolken/>.)
- Woraus bestehen Wolken? Wo kommt der (kondensierte) Wasserdampf her, aus dem sie „gemacht“ sind? Welche Zustände kann Wasser annehmen und unter welchen Bedingungen?
- Wieso bewegen (und verändern) sich die Wolken? Machen sie den Wind oder werden sie vom Wind gemacht? Bringen sie den Wind oder werden sie vom Wind gebracht?

Fotos: © Johannes Güke



2. „Das soll angeblich leuchten können!“

Angenommen, es geht um Elektrizität. Dann werden auch die ersten, einfachen Stromkreise „gebaut“. Dafür bieten diverse Verlage Baukästen oder Experimentierkoffer an, in denen in Klassensatzgröße alles Nötige bereitliegt: Lämpchen in Fassungen mit praktischen Kontaktstellen, Kabel mit Krokodilklemmen, Boxen für Batterien, praktische Schalter usw. Die Frage ist nur: Was an all dem ist für das Leuchten eines Lämpchens im einfachen Stromkreis tatsächlich unabdingbar und was ist quasi bloß Design? Sie und ich wissen, dass die Farbe der Leiterisolierung unerheblich ist, genauso wie die Form der Kontakte und vielerlei mehr. Wir selbst schauen auf all das „Zeug“ und blicken quasi durch das Unwesentliche hindurch auf dasjenige, worauf es „stromkreismäßig“ ankommt: mindestens zwei Leiter aus Draht (evtl. mit praktischer Isolierung drumherum), eine Batterie mit zwei Kontaktblättchen, eine Glühlampe mit zwei Kontaktstellen und eine ganz bestimmte Weise, all das miteinander zu verbinden. Wieso „schenken“ wir den Kindern dann nicht genau dies: zu erfahren, worauf es hierbei im Wesentlichen ankommt – und zwar direkt und ganz am Anfang?

Für jede Zweiergruppe wird benötigt:

- zwei ca. 30 cm lange Kabel (Litze, Klingeldraht, Fahrradkabel o. Ä. –

die Enden abisoliert oder mit Krokodilklemmen)

- eine Flachbatterie (4,5 Volt)
- eine dazu passende, kleine Glühlampe (typisch: 2,5 Watt, 4,5 Volt, Fassung E10)
- zur Fixierung der Glühlampe ein Holzsteg (Baustein o. Ä.) und ein Gummiband

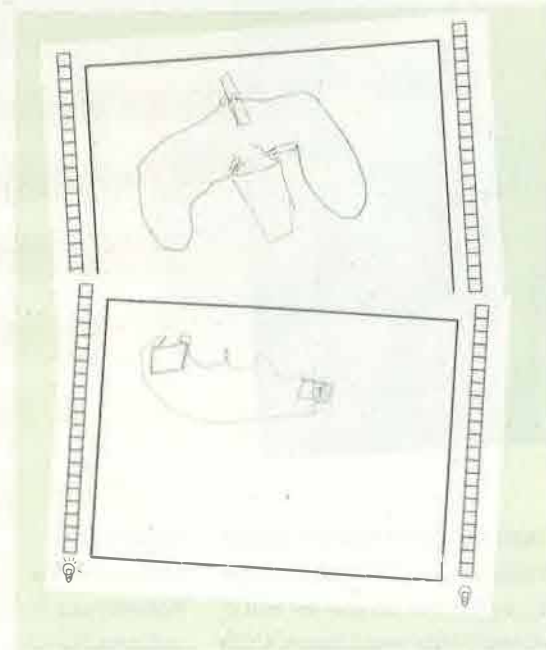
Papier und Stifte
Vor der eigentlichen „Ausprobierphase“ werden alle Gegenstände, die später gebraucht werden, vorgestellt: Ihre Namen sowie die Bezeichnungen ihrer später relevanten Teile werden benannt und es wird sichergestellt, dass diese wiedergegeben werden können (also v. a.: „die Batterie“, „der Minus-Pol“, „der Plus-Pol“, „die Glühlampe“, „das Kontaktgewinde“, „das Kontaktplättchen“, „das Kabel“, „die Krokodilklemme“). Das ist deshalb entscheidend, weil gleich in Zweiergruppen gearbeitet und danach auch im Plenum die Arbeit kritisch ausgewertet werden soll. Dazu muss jeweils kommuniziert werden und dazu wiederum müssen die nötigen Wörter parat sein. Die Vorstellung der Gegenstände kann dadurch geschehen, dass große Bilder aller Gegenstände mit Wortkarten aller relevanten Bezeichnungen an die Tafel geheftet werden. Dazu können die Bezeichnungen in einer Art „Elektro-Rap“ vorgesprochen und mit der Klasse nachgesprochen werden. Das darf dann auch Spaß machen, da darf es ruhig auch lauter werden und in Blödeleiausarten – solange es um die fraglichen Bezeichnungen geht.

„Angeblich“, so in etwa wird dann die Phase des Ausprobierens eingeleitet, „soll dieses Lämpchen leuchten können. Und zwar nur mithilfe der Batterie und der beiden Kabel. Irgendwie. Gewinde und Kontaktplättchen des Lämpchens spielen wohl auch eine Rolle. Ihr müsst das jetzt herausbekommen! Ob das wirklich geht? Und vor allem: Wie?“ Die Kinder versuchen also in Zweiergruppen, die Glühlampe zum Leuchten zu bringen. Zur Hilfe im Umgang mit den Lämpchen und ihren kleinen Kontaktstellen kann die Glühlampe mit einem Gummiband auf dem Holzsteg (o. Ä.) fixiert werden (s. Abb. 5). Diese Ausprobierphase dauert jedenfalls länger und ist anspruchsvoller, als wir Erwachsene uns das vielleicht denken. Natürlich werden hilfreich erscheinende Ideen rasch durch die Gruppen weitergereicht, natürlich dauert es nicht lange, bis von irgendwoher Erfolg verkündet wird. Nur, ob der wiederholbar ist? Ob die Gruppe auch nachvollzogen hat, was sie getan hat? Ob sie es vorführen kann? Ob sie es gar beschreiben kann? Eher nicht, nicht so schnell jedenfalls. Diese Phase kann durchaus ihre 15 bis 20 Minuten dauern. Schließlich sollen alle Gruppen die Glühlampe zuverlässig und wiederholbar zum Leuchten bringen können.

Nachdem das sichergestellt ist, soll jede Gruppe ihre Lösung – also im Grunde „die“ Lösung – aufzeichnen. Auf vorbereiteten Blättern geht das rasch (s. Abb. 6a, 6b). Danach ist

4 | Die Kinder beschreiben die Wolkentypen und erfinden dafür Namen

5 | Durch Ausprobieren herausfinden, wie eine Glühlampe mit einer Batterie und zwei Kabeln zum Leuchten gebracht werden kann – gar nicht so einfach ...



6a+b | Welche der angefertigten Zeichnungen kann als Anleitung dienen, das Lämpchen zum Leuchten zu bringen?

erst einmal Pause, durchaus auch für mehrere Tage. In der nächsten Stunde werden alle Zeichnungen gemeinsam begutachtet. Es soll in einem ersten Schritt gemeinsam entschieden werden, welche der Zeichnungen am übersichtlichsten gelungen sind. Entscheidend ist danach in einem zweiten Schritt, gemeinsam zu beurteilen, welche der Zeichnungen tatsächlich eine Anleitung dafür hergeben, das Lämpchen wirklich leuchten zu lassen. Wo also,



7 | Fest gespannte Wanten zwischen Mastspitze und Bordwand eines Segelschiffs drücken den Fuß des Masts in den Schiffsrumpf und halten ihn damit stabil. Verzurrt wurde traditionell per Flaschenzug, wobei das Seil durch die Löcher zweier massiver, bauchigen Flaschen ähnelnder Holzscheiben hin und her geführt wurde

wenn die jeweilige Zeichnung umgesetzt werden würde, würde das Lämpchen tatsächlich leuchten? Jetzt wird es schwieriger. Vielleicht muss dafür auch pedantisch nachgebaut werden. Die Chance ist jedenfalls hoch, dass kaum eine der gezeichneten Anordnungen tatsächlich zum Erfolg führt. Womöglich sogar keine einzige. Und genau diese Einsicht ist Ausgangspunkt für die eigentliche Festigung: Es muss eine gemeinsame (später auch ins Heft übertragbare) Darstellung gefunden werden, die in der Tat alles Wesentliche und Relevante ausdrückt, sodass das Lämpchen zuverlässig leuchten kann. Auch dazu muss kommuniziert werden. Das Ergebnis jedenfalls ist die gemeinsam reflektierte „Entdeckung“ des einfachen Stromkreises.

Wie es weitergehen kann:

- Wenn wir mit Bauteilen aus dem Baukasten arbeiten: Wo finden sich da die wesentlichen und relevanten Teile? Was ist dort besonders „clever und technisch versiert“ umgesetzt? Was geht jetzt einfacher und kann noch alles ausprobiert werden?
- Wie ist das mit der Beleuchtung am Fahrrad? Finden wir dort auch alle wesentlichen und relevanten Teile? Und wie ergeben sie gemeinsam einen einfachen Stromkreis? (Oft findet sich nur ein einziges Kabel, das vom Dynamo zur Lampe führt. Wo ist das zweite? Kann dort wirklich der Rahmen als zweites Kabel herhalten? Das muss ausprobiert werden!)
- Welche Bauteile gibt es noch und was können wir damit bewirken? (Solarzellen, Motoren, Rotoren, etc.)

3. „Vom Seilziehen zum Flaschenzug“

Angenommen, es geht um Kräfte und dabei um kraftsparende Ein-

richtungen oder um die Goldene Regel der Mechanik. Die Auseinandersetzung mit Hebeln bietet sich da an: mit kleinen Hebeln aus Linealen, vor allem aber mit großen Hebeln wie einer Wippe auf dem Spielplatz oder einem quer über einen Block gelegten Balken, natürlich auch mit Beispielen aus dem Alltag wie Wäscheklammern. Für diesen Vorschlag ignoriere ich den Hebel und gehe zum Flaschenzug, weil das „Rätsel der Kraftersparnis“ dort schnell leibhaftig wird. Leider besonders untauglich für den Unterricht scheint der Flaschenzug freilich deshalb, weil er typischerweise aufgehängt werden muss. Mit kleinen Flaschenzügen aus dem Baukasten mag das noch am Tisch gehen, mit großen (echten!) wird es in der Schule meist schwierig. Deswegen wird er im Folgenden horizontal eingesetzt, und zwar unter aktivem Einbezug der Kinder sowie bestenfalls sogar ohne jede Befestigung.

Für die gesamte Klasse wird benötigt:

- verschiedene Seilstücke (mindestens zwei, jeweils ca. 5 Meter lang)
- das lange Seil vom Flaschenzug (ca. 15 bis 20 Meter lang)
- ein Flaschenzug und eine einfachefeste/lose Rolle (vgl. als Unterrichtsmaterial z. B. den „Lehrmittelshop“ am „Lehrerseminar für Waldorfpädagogik Kassel“ www.lehrerseminar-forschung.de, dabei aus Sicherheitsgründen nach Geräten nur mit Ösen anstatt Haken fragen!)
- mindestens zwei Karabinerhaken zur Verbindung der Seile mit den Flaschen
- wie im Sportunterricht auch: eine sorgfältige und ausführliche Unterweisung in Sachen „Arbeitsschutz“, denn bei Unvorsichtigkeit können Kinder beispielsweise stürzen oder sich einklemmen, Seile können sich in Rollen festziehen, Seile kön-

nen aus Händen rutschen und zurückschnellen

Wir gehen auf den Schulhof, denn wir brauchen Platz. Alternativ, vor allem für die befestigungsfreien Varianten, eignen sich auch Aula oder Sporthalle oder notfalls, bei an den Rand gerückten Tischen, der Klassenraum. Es geht darum, vom „normalen“ Tauziehen (Schritt 1) über das Tauziehen unter Verwendung einer einfachen Umlenkrolle (Schritt 2) hin zum Tauziehen mittels eines komplexen Flaschenzugs (Schritt 3) zu gelangen. Anstatt also mit einem Flaschenzug etwas Schweres ganz leicht zu heben (Wann braucht ein Kind das schon?), geht es darum, mithilfe eines Flaschenzugs einen Widerstand zu überwinden (was auch menschheitshistorisch dem Kontext für die Erfindung des Flaschenzugs nahekommt: Lasten ziehen bzw. Masten fest mit dem Schiffsrumpf verspannen, s. Abb. 7). Und dieser Widerstand sind die sich gemeinsam gegen das Seil stemmenden Klassenkamerad:innen selbst. Ihr Widerstand wird zuerst und wiederholt als einer erlebt, der nur unter allergrößter Anstrengung überhaupt überwindbar ist. Und wenn dann zum Schluss das zum kräftigsten von allen erkorene Kind gegen keines der anderen auch nur die geringste Chance hat, ist das nicht nur beeindruckend, sondern auch durchaus erschütternd! Fragwürdig ist es bis dahin allemal.

Schritt 1:

Als Erstes versuchen sich zwei Gruppen am „normalen“ Tauziehen (s. Abb. 8). Es gewinnt, wer es schafft, die andere Gruppe über die Mitte zwischen beiden zu ziehen.

Schritt 2:

Für das Tauziehen über die einfache Umlenkrolle muss diese an ihrer Flasche (das Gehäuse oder der Block, in dem die Rolle gelagert ist) mit einem weiteren Seilstück ent-

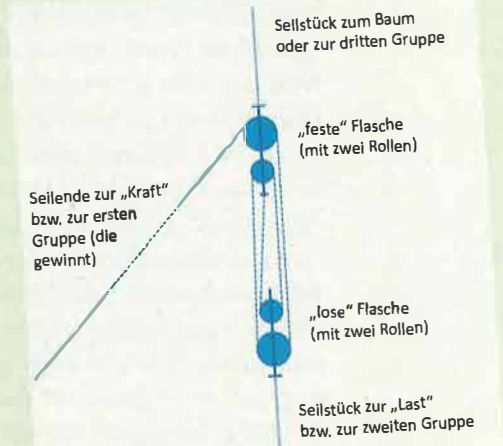
weder an einem Baum oder Pfosten festgemacht werden oder wird durch eine dritte Gruppe an diesem weiteren Seilstück (nicht an der Flasche selbst!) gehalten (s. Abb. 9). In beiden Fällen gewinnt, falls sich die Kräfteverhältnisse und Techniken des gemeinsamen Gegenstehens nicht ändern, diejenige Wettkampfgruppe, die bereits zu Anfang gewann, weil die Rolle eben nur umlenkt. Dafür ergeben sich jedoch Freiheiten in der räumlichen Organisation des Wettkampfes: Das lange Seil kann a) wie zu Anfang ganz gerade gehalten werden (Winkel 180°), dann hängt die Rolle nur durch; die Seilenden können b) mit der Rolle kleinere bis sehr viel kleinere Winkel bilden, dann wird im Falle der Befestigung auch straff am Baum mitgezogen; das Seil kann c) aber auch zur Rolle hin und direkt wieder zurückgeführt werden (Winkel 0°), sodass beide Gruppen direkt nebeneinander ziehen. Einen Einfluss auf den Ausgang des Wettkampfes hat das allerdings nicht. (Die Rollen selbst sind also nicht für die spätere Kraftersparnis verantwortlich.) Im Falle der Einbindung der dritten Gruppe jedoch, die die Rolle in Position halten soll, fällt sofort auf, dass diese nun das Mit-Tun des Baumes ersetzen und dafür ordentlich mitarbeiten muss. Und dies auch noch in merklicher Abhängigkeit vom gewählten Winkel: Bei 180° ist gar nichts zu tun, bei kleiner werdendem Winkel immer mehr und bei 0° muss sie komplett die beiden Wettkampfgruppen „kompensieren“. Dieser Umstand macht nachdrücklich darauf aufmerksam, dass es hier nicht nur auf die beiden „Partner“ ankommt, zwischen denen üblicherweise die spätere Kraftersparnis „verhandelt“ wird (i. d. R. „Last“ und „Kraft“), sondern auch auf einen dritten, der die Kraftersparnis quasi „vermittelt“. Und das gilt für alle kraftsparenden Einrichtungen! Der Balken, an



8 | das „normale“ Tauziehen



9 | Tauziehen über eine einfache Rolle, was „Winkelfreiheit“ verschafft, links mit Befestigung der Rolle, rechts mit einer dritten Gruppe, die die Rolle in Position hält



10 | Übersicht der Seilführung durch einen Flaschenzug mit vier Rollen in zwei Flaschen und die beiden zusätzlichen Seilstücke, einmal befestigt an der „festen“ Flasche, die in Position bleibt, und einmal an der „losen“ Flasche, die sich bei Benutzung des Flaschenzugs bewegt



11 | Schritt 3: Tauziehen über einen Flaschenzug, was zu enormer Kraftersparnis am „langen Seil“ führt; links mit Befestigung der festen Flasche, rechts mit einer dritten Gruppe, die die feste Flasche in Position hält

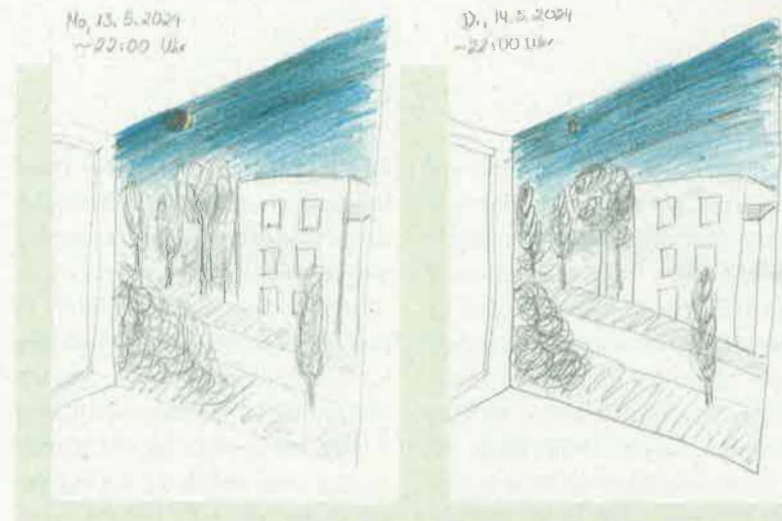
dem ein Flaschenzug hängt, muss letztlich beides (Last und Kraft gemeinsam) „aushalten“ – und nutzt sich deshalb auch mit der Zeit ab. (Ähnliches gilt für den Keil, auf den Archimedes seinen riesigen Hebel legt, um die Erde aus den Angeln zu hebeln.)

Schritt 3:

Für das Tauziehen über den Flaschenzug wird die Umlenkrolle nun durch eine komplexe und anfangs nuschwer durchschaubare „Rollenkonstruktion“ (zwei Flaschen mit z.B. jeweils zwei Rollen) ersetzt. Die Führung des langen Seils sowie die Befestigungen der beiden ebenso nötigen Seilstücke zeigt **Abb. 10**. Wieder treten die beide Wettkampfgruppen gegeneinander an und hält entweder der Baum dagegen oder die dritte Gruppe, die die „feste“ Flasche in Position hält (s. **Abb. 11**). Jetzt gewinnt allerdings stets diejenige Gruppe, die am langen Seilende zieht, das aus der festen Flasche kommt – und zwar spielend leicht, sogar gegen eine enorme Überzahl der anderen Gruppe an der „losen“ Flasche. Und das ist durchaus verblüffend!

Wie es weitergehen kann:

- Können wir auch messen? Ja, mit Gewichten (z.B. mit wassergefüllten Flaschen). Dazu hängen wir den Flaschenzug auf und behandeln ihn wie eine Waage. Das geht notfalls auch mit kleinen Flaschenzügen.
- Wer oder was ist für die Kraftersparnis verantwortlich? (Es ist die Führung des Seils: Um ein Gewicht einen Meter anzuheben, müssen mehrere Seilstücke zwischen den Flaschen um jeweils einen Meter verkürzt werden. Im obigen Fall werden dafür also vier Meter Seil „aus dem Flaschenzug herausgezogen“. Dazu reicht ein Viertel des Gewichts.)
- Wo gibt es diese Art der Kraftersparnis noch? Wir nutzen zum



Beispiel einen langen Hebel.

- Die Goldene Regel der Mechanik wird formuliert und an Alltagsgegenständen getestet.

4. „Und er bewegt sich ja (der Mond)!“

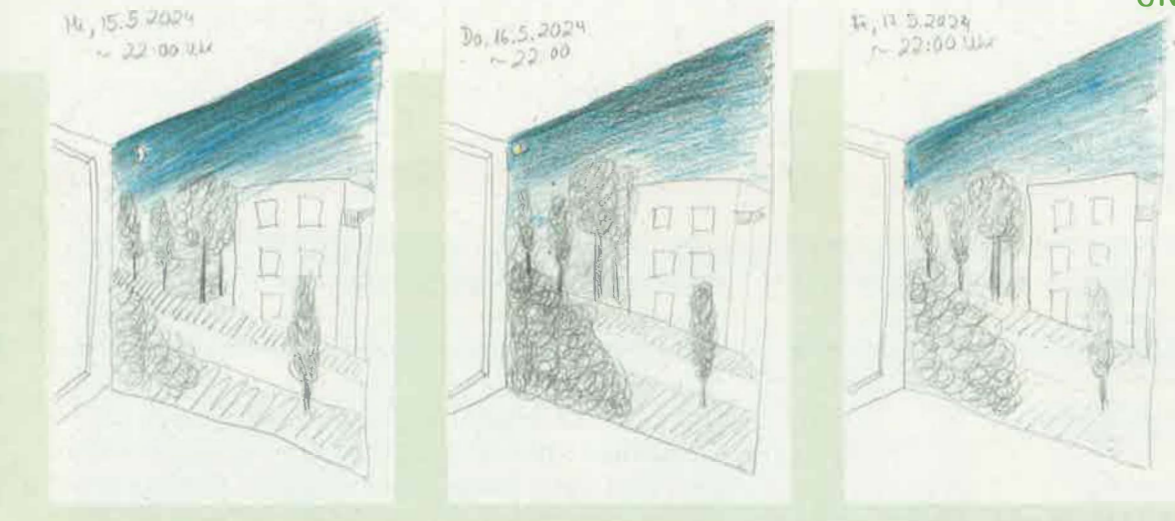
Angenommen, es geht um Astronomie. Dann wird es zwingend auch bald um den Aufbau unseres Sonnensystems gehen. Leider geht es oft schon zuallererst um das Sonnensystem, und zwar aus der heliozentrischen Perspektive heraus. Unser Sonnensystem wird sich dabei von außen vorgestellt, aus einer fernen, für uns alle nur in der Fantasie einnehmbaren Perspektive und intellektuell fertig erschlossen (also als „vorgestellte Erfahrung“; s. **Didaktik kompakt**). Das heißt dann schnell, dass alle geozentrischen Blicke unserer Vorfahren an den Himmel, mindestens all der Generationen vor Kopernikus, beiseitegelassen werden. Das mag für Einführungen in die Astronomie im kindlichen Freizeitbereich noch gut zu rechtfertigen sein (z.B. mit Marketinggründen), für die bildungsbeauftragte Schule jedoch kann durchaus gewünscht werden, den Kindern zumindest ein einziges Mal (und also bestens am Anfang) eine Erfahrung von den Ursprüngen astronomischer Beschäftigungen zu „schenken“. Das könnte auch zur Nachtwanderung auf der Klassenfahrt geschehen oder bei einem frühabendlichen Winterspaziergang

mit Teepicknick unter Sternenlicht. Hier jedoch geht es um den Mond, der über mehrere Tage zu jeweils gleicher Zeit beobachtet und vor dem Hintergrund des individuellen Beobachtungshorizontes gezeichnet wird.

Für jedes Kind wird benötigt:

- Papier und Stift
- ein über mehrere Tage zu gleicher Zeit besuchbarer Ort (Fenster, Balkon, Wiese etc.) mit Blick auf einen großen Himmelsausschnitt (am besten zur Abenddämmerung in Richtung Südwest)

Die Aufgabe lautet, an etwa drei bis fünf aufeinanderfolgenden Tagen zu immer gleicher Uhrzeit den Mond am Himmel zu finden und ihn zu zeichnen, also sein Aussehen auf Papier zu bringen, eventuell auch einige der ihn umgebenden, auffälligen Sterne – und zwar vor dem Hintergrund der individuell gewählten Beobachtungsumgebung. Es entsteht also jeweils eine Art Landschaftszeichnung, auf der auch markante Objekte wie Häuser und Bäume zu sehen sind, über denen und in räumlicher Relation zu denen der Mond steht (s. **Abb. 12a – 12e**). Grundsätzlich ist es egal, wann im Jahr oder am Tag das geschieht, solange eben der Mond sichtbar ist. Besonders ergiebig für Laien ist aber die Woche zunehmenden Mondes nach einem Neumond, und zwar abends nach Sonnenuntergang, also mit Blick Richtung Südwest. Denn währenddessen drängt sich implizit die Be-



zogenheit der Mondphasen auf die Sonne auf und verändern sich sowohl Mondposition als auch Mondphase eindrücklich. Zudem fallen von September bis April die fraglichen Uhrzeiten vor die meisten Nachtruhen der Kinder. Auch verspricht eine individuelle Weiterbeobachtung unter gleichen Bedingungen, zu der die Besprechung der entstandenen Zeichnungen eventuell motiviert, noch mindestens bis Vollmond Erfolg, also eine weitere Woche lang.

Vorschlag: Die Beobachtungen finden gemeinsam auf einer mehrtägigen Klassenfahrt statt, auch deutlich nach April. Am ersten Tag (noch vor dem Abend) versammeln sich alle an einem Ort, der Ausblick auf den später wichtig werdenden Himmelsausschnitt bietet, und jede:r fertigt eine Skizze der Umgebung an. Vielleicht sind auch markante Objekte zu sehen, die später sowieso besucht werden (Hügel, Kirche usw.), sodass gleichzeitig die Orientierung im Raum gefördert wird. Der gesamte Himmelsausschnitt bleibt frei. Später, an den aufeinanderfolgenden Abenden, wird gemeinsam nach dem Mond gesucht und seine Position und Gestalt in die Skizze eingetragen.

Was dabei beobachtet wird (hier: am Abendhimmel nach Neumond): Der Mond ändert seine Position am Himmel von Tag zu Tag leicht, aber deutlich auffallend. Er wandert nach

links, bleibt also bezogen auf die im Tagesverlauf über den südlichen Himmel wandernde Sonne zurück. Er ist langsamer unterwegs als die Sonne. Dabei ändert sich sein Aussehen: Er nimmt leicht, aber deutlich auffallend Tag für Tag zu.

Wie es weitergehen kann:

- Die Mondphasen und ihre räumlichen Bezüge auf die Sonne werden zum Thema.
- Der Mondmonat (ca. 29,5 Tage) wird Thema und davon ausgehend unser Kalender.
- Der Fastenmonat Ramadan und seine Wanderung durch den Jahreskalender (er beginnt Jahr für Jahr ca. 10 – 11 Tage früher) werden Thema.
- Wir gehen über zu Sternbildbeobachtungen, entdecken die Drehung des Sternhimmels und fertigen eine eigene Sternkarte an: siehe das von Martin Wagenschein her entwickelte Lehrstück zur „Himmelsuhr“ (<https://www.lehrkunst.org/die-himmelsuhr/>).
- Der Aufbau unseres Sonnensystems wird Thema. Vielleicht auch im Planetarium.

All diese Mondthemen und die meisten der damit verbundenen Fragen drängen sich beim Versuch, die Zeichnungen des zurückbleibenden Mondes zu deuten, von allein auf. Zur zeitlichen Planung vgl. z.B.: <https://www.timeanddate.de/mond/phasen/>, <https://www.spaceweatherlive.com/de/mondphasen-kalender.html>.

12 a – e | Aus dem Fenster geschaut: Stand und Aussehen des Mondes an fünf aufeinanderfolgenden Tagen spätabends

Anmerkung

Die Ideen zum „Wolkenfangen“ verdanke ich Michael Jänichen und seinem Lehrstück „Howards Wolken“ (Jänichen 2011) sowie Johannes Girke, der „die Wolken“ 2021 für seine Abschlussarbeit in einer vierten Klasse in Berlin inszeniert hat. Die Ideen zum experimentierenden Spiel mit einfachen Stromkreisen inkl. dem „Elektro-Rap“ und der kritischen Klassendiskussion der „Stromkreiszeichnungen“ verdanke ich Marcel Neudeck, der all das 2023 erfolgreich in einer lauten und trübeligen vierten Klasse in Berlin erprobt hat. Das „Flaschenzug-Seilziehen“ machen wir an der HU Berlin seit Jahren im Technik-Seminar. Die Ideen zur Mondbeobachtung gehen auf verstreute Bemerkungen von Martin Wagenschein zurück, die Zeichnungen stammen von einer Studierenden an der HU Berlin aus dem Nawi-Seminar. Herzlichen Dank für alles Austüfeln, Ausprobieren und Materialbeisteuern!

Literatur

- Grebe-Ellis, J. (2010): Schattenbilder wie Schriftzeichen lesen. Eine bildoptische Studie nach Johannes Kepler. In: *Phydid* 9, S. 34 – 44, <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid/article/view/135>.
- Grebe-Ellis, J. (2011): Wie sieht der Schatten einer Fliege aus? In: Erb, R. & Grebe-Ellis, J. (Hrsg.): *Alles, worin der Mensch sich ernstlich einlässt, ist ein Unendliches*. Physikdidaktische Miniaturen. Lutz-Helmut Schön zu Ehren. Berlin: Logos-Verlag (Phänomenologie in der Naturwissenschaft, 6), S. 55 – 68, <https://www.physikdidaktik.uni-wuppertal.de>.
- Grebe-Ellis, J. & Quick, T. (2023): Soft Shadow Images. In: *Eur. J. Phys.* DOI: 10.1088/1361-6404/acc7da.
- Heck, U.; Weber, C. & Baumgartner, M. (2013): *Lernen in Erfahrungsräumen. Ein Praxismodell für den Sachunterricht*. 2., erw. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Jänichen, M. (2011): *Dramaturgie im Lehrstückunterricht. Himmelsuhr und Erdglobus – Howards Wolken – Erd-Erkundung mit Sven Hedin. Ein Beitrag zur Theorie, Praxis und Poiesis der Lehrkundschaft*. Dissertation. Philipps-Universität Marburg, Marburg, <http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2011/0072/pdf/dmj.pdf>.
- Perelman, J. I. (1989): *Unterhaltsame Physik*. 2. Aufl. Moskau, Leipzig: MIR [u.a.]. Auflage 1986: <https://mathematikalpha.de/mathematik-buecher>.

DIDAKTIK KOMPAKT

„Kein Lernen ohne Erfahrungsgrundlage!“ – so lautet das Motto des gesamten Beitrags und der vier Einstiege. Trotzdem scheinen sich Lernerfolge auch ohne viel konkrete Erfahrung einzustellen, nämlich vor dem Hintergrund ausreichenden Wissens. Deshalb kontrastiere ich das Motto hier anhand einer eigenen, letztlich nur „vorgestellten“ Erfahrung.

Mit Wissen zum Lernerfolg?

Mein Lieblingssachbuch aus Kinder- und Jugendtagen hatte ich mir vom Taschengeld gekauft. Es war eine dervielen, unterschiedlichen Ausgaben der „Unterhaltsamen Physik“ von Jakow I. Perelman (1989). Das Buch war reich illustriert, wimmelte von Anekdoten und historischen Exkursen, richtete sich explizit an Jungen und Mädchen und streifte anhand zahlreicher, leicht nachvollziehbarer Versuche durch die gesamte Physikgeschichte. Ich habe es verschlungen. Immer wieder. Erst viel später fiel mir auf, dass ich nie auch nur einen einzigen der Versuche tatsächlich durchgeführt hatte. Und trotzdem war ich im Physikunterricht erfolgreich.

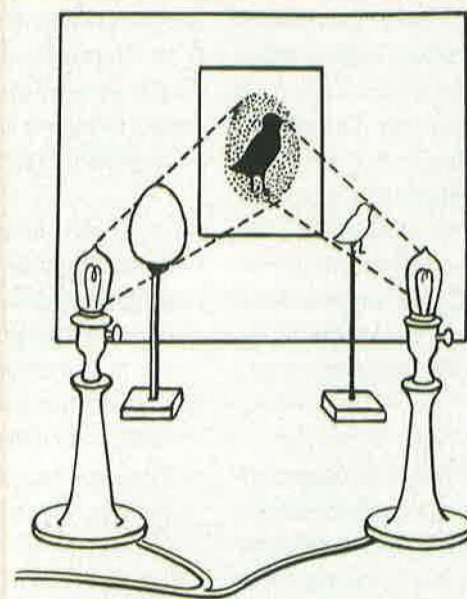
Das Buch war als Lesebuch konzipiert. Und mein Physikunterricht schien hervorragend dazu zu passen: ein Lese-, Rechen- und Nachvollzugsunterricht, der im Grunde ohne praktische Erfahrung auskam. Nur die gelegentlichen „Schülerversuche“ mit ihren obligatorischen Protokollen störten den Lernfluss. Mit denen hatte ich mich immer ziemlich geplagt.

Wieso war ich ohne Erfahrung so erfolgreich? Zum einen, denke ich, weil es gar nicht stimmt, dass ich ohne Erfahrung war. Ich hatte mich ja meinem eigenen Interesse folgend in meiner Freizeit ausgiebig mit Physik auseinandergesetzt. Und dabei hatte ich genau diejenigen Erfahrungen gesammelt, die es mir einfach machten, dem an abstrakten, formalen Konzepten orientierten Unterricht zu folgen. Den meisten meiner Klassenkamerad:innen erging es nicht so. Denn *diese* Erfahrungen hatten sie nicht gemacht. Und so wuchsen auch rasch ihre Abneigungen gegen das Fach und stagnierten ihre Lernerfolge. Zum anderen, und das fiel mir erst noch später auf, hätte echte, praktische Erfahrung nur gestört. Es hätte beispielsweise gestört, die beschriebenen Versuche tatsächlich durchzuführen, weil sich dabei gezeigt hätte, dass sich die beschriebenen Ergebnisse gar nicht einstellen würden. Jedenfalls nicht zwingend. Und zwar nicht etwa aufgrund meiner fehlenden Geschicklichkeit, sondern weil die Versuche mit ihren Beschreibungen und Abbildungen gar nicht in unserer Welt „spielten“, sondern in einer nur vorgestellten Physikwelt. Es handelte sich mehrheitlich um nur „vorgestellte Erfahrungen“. Ich möchte das mit einem Beispiel verdeutlichen.

„Das Küken im Ei“

Das Einführungskapitel zur Optik in der „Unterhaltsamen Physik“ beginnt mit Schatten, und zwar mit Schattenrissen. Die Idee, für die dort „geworben“ wird, lautet sinngemäß: Der Schatten, den ein

beleuchteter Gegenstand wirft, hat die Form der Silhouette dieses Gegenstandes. Dazu wird eine Art Zaubertrick vorgeschlagen (s. **Abb. 13**): „Aus Pergamentpapier ist zu diesem Zweck ein Schirm herzustellen. [...] Dahinter bringt ihr zwei Lampen an. Die Zuschauer sitzen auf der anderen Seite. Nun zündet ihr die eine Lampe mit einer Ei-Attrappe davor an, dann werden die Zuschauer natürlich ein Ei auf dem Schirm erblicken. Jetzt eröffnet ihr ihnen, dass ihr über einen Durchleuchtungsapparat verfügt, der das Küken im Ei deutlich macht. Daraufhin zündet ihr die zweite Lampe mit dem Umriss eines Kükens davor an. Der Schattenriss des Eies wird heller werden und in der Mitte ein Küken enthalten.“



13 | Der Schattenzaubertrick vom „Küken im Ei“ – das Vorgaukeln eines Röntgenbilds

Vor ein paar Jahren habe ich den Versuch dann doch nachgebaut. Fraglich war dabei vor allem, welche Art von „Lampen“ ich benutzen sollte. Der Text bleibt in Bezug darauf ja denkbar unspezifisch. Schließlich hielt ich mich an die Zeichnung und griff auf die neuerdings überall erhältlichen LED-Leuchten im Retrodesign zurück. Das frustrierende Ergebnis zeigt **Abb. 14**: Das tatsächliche Schattenbild ähnelt eher unförmigen Schmutzflecken als dem versprochenen „Röntgenbild“. Sie ahnen sicherlich bereits das Problem: Es kommt eben doch und gerade auf die Wahl der „Lampen“ an. Deshalb zeigt **Abb. 15** die entstehenden Schattenbilder für insgesamt fünf unterschiedliche Leuchtentypen. Während die ersten drei Bilder wie gehabt mit unförmigen Schattenflecken glänzen, zeigt das vierte Bild bereits große Ähnlichkeiten mit dem erhofften „Röntgenbild“. Jedoch erst zwei sehr kleine, punktförmige Leuchten, die für das fünfte Bild verwendet wurden, führen zum Ziel.

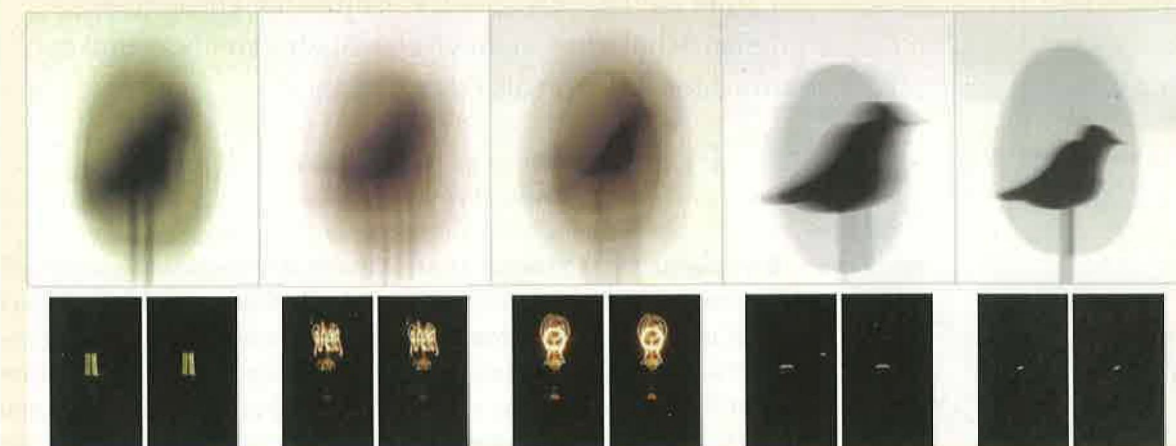
Fachlich gesehen lässt sich daran lernen: Nur für sehr kleine Leuchten (für „Punktleuchten“) stimmt, was anfangs so all-

Abb.: Quelle: J. I. Perelman, Unterhaltsame Physik, Verlag Mir Moskau, Fachbuchverlag Leipzig (1985). Digitalisiert unter https://mathematikalpha.de/wp-content/uploads/2020/11/Perelman_UnterhaltsamePhysik.pdf

DIDAKTIK KOMPAKT



14 | Ein Nachbau des „Tricks“ mit LED-Retro-Leuchten und unbefriedigendem Schatten-ergebnis



15 | Der Schattentrick mit unterschiedlichen Leuchten. Erst zwei Punktleuchten (rechts) sorgen für ein zufriedenstellendes Ergebnis

gemein behauptet wurde, nämlich dass Schatten, die ein beleuchteter Gegenstand wirft, die Form der Silhouette dieses Gegenstandes haben. Für alle anderen Arten von Leuchten, also im Grunde für nahezu alle, die wir in unserer Welt vorfinden, stimmt das nicht. Darüber hinaus könnte (wiederum fachlich zutreffend) auffallen, dass Schatten ihrer Form nach grundsätzlich Mischungen zweier Gestalten sind, nämlich der Gestalt des Gegenstandes (seiner Silhouette) sowie der Gestalt der Beleuchtung (deren Form). Eine Ahnung davon gewinnen Sie, wenn Sie die Veränderungen der fünf Schattenbilder in Bezug auf die Formen der jeweils verwendeten Leuchten verfolgen. Insbesondere auf die oft ignorierten Halbschattenbereiche müssen Sie dafür achten. Diesen sind die jeweiligen Charakteristika der Leuchtenformen gewissermaßen „eingeschrieben“ (vgl. dafür Grebe-Ellis 2010 & 2011, Grebe-Ellis & Quick 2023).

Vorgestellte Erfahrung

Ich muss gestehen, dass ich Sie mit den letzten Absätzen hinter Licht geführt habe. Nicht etwa dadurch, dass ich an irgendeiner Stelle geschummelt hätte, etwa bei den gezeigten Schatten. Sondern indem ich mit der Dokumentation des nachgebauten Zaubertricks vom „Küken im Ei“ in methodischer Hinsicht genau das mit Ihnen wiederholt habe, was mir selbst bei der Lektüre der „Unterhaltsamen Physik“ widerfahren ist. Nämlich kei-

ne tatsächliche, sondern nur vorgestellte Erfahrung zu machen.

Ich selbst hatte den Versuch, der letztlich nur die Illustration für die Idee der Lichtstrahlen war, für bare Münze genommen. Gut, dachte ich mir, wenn das so ist wie dort gezeichnet, dann ist ja alles ganz einfach. Schatten, so war ich überzeugt, sind also Silhouetten; und weil mehr an ihnen nicht dran ist, brauche ich mir echte Schatten auch nicht erst noch anzuschauen. Wie falsch ich damit lag! Und wie gut ich damit durch den Optikunterricht kam! – Sie wissen es jetzt besser. Nur eben auch noch nicht aus eigener Erfahrung. Bislang müssen Sie mir im Nachvollzug meiner Ausführungen glauben. Wie wäre es, wenn Sie die Sache jetzt einmal selbst ausprobieren, zum Beispiel mit Kerzenflammen?

Anstatt Ihnen dabei zu helfen, lasse ich Sie damit (fast) allein. Ich greife die Schatten auch nicht bei den Unterrichtsbeispielen auf. Mit Absicht. Sie müssen das selbst tun! Und falls Sie das alles für rätselhaft oder sogar für ausgemachten Unfug halten, umso besser! Das ist der Witz von Erfahrung: Sie müssen sie selbst machen. Und wir werden uns erst dann weiter produktiv über tatsächliche Schatten unterhalten können, nachdem Sie sie gemacht haben. (Weil ich ahne, dass Sie trotzdem gern rasch zum Ziel springen: Mindestens zwei der Quellen vom Ende des letzten Abschnittes sind frei als PDF verfügbar. Dort wird alles übersichtlich dargestellt.)