

Interesse und Motivation im Physikunterricht

Josef Leisen

Vortrag auf der Tagung: Naturwissenschaftlich-technischer Unterricht auf dem Weg in die Zukunft am 14.6.2003 an der TU-Braunschweig

Lehrkräfte sitzen einer Illusion auf und überfordern sich damit selbst, nämlich mit der Vorstellung: Man kann jemanden motivieren. Motivation sei machbar, wenn man das ganze nur richtig angehe. Nun liegt aber unermesslich viel Motivationserfahrung aus dem Unterrichtsalltag vor, nun ist viel über Motivation geforscht und geschrieben worden, aber Motivation scheint nicht so recht zu gelingen, denn sonst wäre es wohl nicht immer wieder ein Thema. Da fragt man sich: Haben wir immer noch nicht die richtigen Methoden, um Motivation zu *machen*?

Die Überlegung muss in eine andere Richtung gehen: Motivation ist nicht machbar; man kann nicht motivieren, aber jeder Schüler hat Motive, und an die muss ich herankommen. Ist denn 'an Motive herankommen' nicht dasselbe wie Motivation machen, bzw. motivieren? Der Unterschied besteht im Bewusstsein darüber, wem man die 'Herrschaft über die Motive' zugesteht. So muss man zwischen 'Motivationsmacher' und 'Motivsucher' unterscheiden. Der 'Motivationsmacher' weiß vermeintlich, was den Lerner im Physikunterricht zu interessieren hat. Der 'Motivsucher' akzeptiert, dass die Motive eine Angelegenheit des autonomen Organismus des Lerners sind. Für den Unterricht hat die zweite Auffassung eine wichtige Konsequenz: Der Lerner bestimmt autonom über die Antriebe seiner eigenen Fühl-, Denk- und Verhaltensprogramme und damit über seine Motivation als Zustand des Motiviertseins. Die Lehrkraft hat Moderatorfunktion, aber keine Macherfunktion. Die Verhaltensprogramme sind nach Luc Ciompi außerordentlich affektiv gefärbt. Die unterrichtliche Tätigkeit mischt kräftig mit in der komplexen sich selbstorganisierenden Wechselwirkung zwischen Emotion und Kognition. Für die Bewältigung dieser unterrichtlichen Ernstfallsituationen gibt es keine Motivationsrezepte, keine Motivationsprogramme, sondern nur das täglich neue Sich-Einlassen in das affektive Färben der Verhaltensprogramme bei jedem einzelnen Lerner. Das kann geschehen über Inhalte und Themen, über Aufgaben und Anforderungen, über Events und Situationen, über Projekte und Vorhaben, über Experimente und Methoden, über Aktuelles und Historisches, über Alltagsbezug und Ichbezug, und nicht zuletzt über Sinnstiftung und Verstehen. Bei allem stellt sich immer die zentrale Frage: Wie steht es dabei mit den affektiven Einfärbungen? Die Flüchtigkeit der affektiven Einfärbungen einerseits und die Autonomie des Schülers über dieselben andererseits verbieten, dass es Rezepte gibt. Die nachfolgenden unterrichtspraktischen Beispiele zeigen Erfahrungen, Ideen, Strategien und Methoden, günstige und weniger günstige Bedingungen, Erfolge und Misserfolge, um an Motive der Schülerinnen und Schüler heranzukommen. Die Beispiele stammen aus Ernstfallsituationen und beziehen sich auf Fremd- und Selbstbeobachtung.

Über Inhalte und Themen an Motive herankommen

Gibt es so etwas wie Selbstläuferthemen im Physikunterricht? Aus der Erfahrung heraus, ist der 'gestirnte Himmel über uns' ein solches. Der fragende Umgang mit der Sternkarte füllt eine lebendige Stunde. Wann sind wo welche Sterne zu sehen? Warum ist der Orion ein Wintersternbild? Was sind die Tierkreiszeichen? Wann sind wo welche zu sehen und warum stimmen sie nicht mit dem astrolo-

gischen Kalender überein? Eine Frage treibt die andere, und man kommt leicht vom Hölzchen aufs Stöckchen. Das ist noch kein systematischer Astronomieunterricht, aber über den Himmel stellen sich viele Fragen. Motive suchen heißt hier: zu Fragen anstoßen.

Und erst die Kosmologie: Dehnt sich das Universum immer weiter aus, oder zieht es sich wieder zusammen? Woher kommt das Universum, wohin geht es? Dann das Fragwürdige: Wie groß ist es und vor allem, was ist dahinter? Nichts? Dann das Paradoxe: ein endlicher, aber unbegrenzter Raum. Und dann das Unvorstellbare: die Einbettung in höhere Dimensionen. Motive suchen heißt hier, Fragen in den Raum stellen.

Wie steht es mit anderen Inhalten, um an Motive heranzukommen, etwa mit den Naturphänomenen? Wagenschein sieht in der Rettung der Phänomene auch die Rettung der Motive. Die Sache muss reden. Spricht die Sache denn auch alle Schülerinnen und Schüler an, wie Wagenschein glaubt? Kommt die Sache an deren Motive heran?

Ein kurzer Bericht über Unterrichtserfahrungen in einer 8. Klasse zum Thema Regenbogen. Ich kündige das Thema an und Eva sagt spontan: „Farben! Das ist toll.“ Elvira ruft ebenso spontan: „Kein Regenbogen! Ich möchte das nicht wissen. Dann ist er nicht mehr schön.“ Elvira überrascht auch nach 25 Jahren Unterrichtserfahrung, denn darauf war ich weder didaktisch noch methodisch vorbereitet. So hielt ich ihr ein Plädoyer für die ‘Aufklärung der Sache’, für den Mehrwert des physikalischen Wahrnehmens. Elvira hatte keine Chance sich meiner Folie zu entziehen, die doch genau ins Schwarze der Schülermotive treffen sollte:

Fragen zum Regenbogen

Laienfragen:

1. Warum sieht man nicht bei jedem Regen einen Regenbogen?
2. Wie groß ist ein Regenbogen? Wie weit ist er weg? Kann man ihm nachlaufen?
3. Wie sieht der Regenbogen aus, wenn man direkt daneben steht? Wie sieht er von hinten aus?
4. Warum sieht man höchstens einen kräftigen (Haupt-)Regenbogen und manchmal einen schwächeren (Neben-)Regenbogen? Warum gibt es nicht viele Regenbögen?
5. Wo und wann entsteht ein Regenbogen?
6. Warum sind Regenbögen rund und nicht eckig?
7. Wo kommen die Farben her?
8. Warum ist die Farbenreihenfolge beim Nebenregenbogen umgekehrt wie beim Hauptregenbogen?
9. Gibt es auch kreisrunde Regenbögen?
10. Wie kann man Regenbögen künstlich erzeugen?
11. Sieht jeder Mensch denselben Regenbogen, oder sieht jeder seinen eigenen?
12. Warum sieht man vorzugsweise nachmittags einen Regenbogen?
13. Kann man einen Regenbogen sehen, wenn man selbst im Regen steht?

14. Kann der Vollmond einen Regenbogen erzeugen?

Physiklehrerfragen:

15. Was passiert mit den anderen Strahlen, die auf den Regentropfen treffen?

16. Warum sieht man Farben, und warum überlagern sich diese nicht zu weiß?

17. Sehen wir in einem Tropfen alle oder nur eine Farbe?

18. Sehen wir in einem Tropfen den ganzen Regenbogen (zwar sehr schwach) oder sehen wir nur einen winzigen Ausschnitt des Regenbogens? Anders gefragt: Macht ein Tropfen schon einen Regenbogen, oder brauchen wir viele Tropfen?

19. Wie ändert sich ein Regenbogen, wenn die Regenfront auf den Beobachter zukommt.

20. Sieht man senkrecht auf den Regenbogen, oder steht der Regenbogen senkrecht zur Erdoberfläche?

21. Warum sieht man das Blau des Hauptregenbogens unten, obwohl es in der Erklärung oberhalb des roten Strahls aus dem Tropfen austritt?

22. Warum liegt der Nebenregenbogen über dem Hauptregenbogen?

23. Warum ist der Regenbogen „unabhängig“ von der Größe der Regentropfen?

Sind das nicht genau die Fragen, die sich der aufmerksame Betrachter des Regenbogens stellen muss? Es sind die Fragen, mit denen man auch gestandene Physiklehrkräfte in Antwortnotstand bringen kann. Gewiss ist, dass hier so manche platt dargestellte Lehrbucherklärung zum Regenbogen hinterfragt wird. Fängt man erst einmal an, intensiv über den Regenbogen nachzudenken, so tut sich eine fachliche und didaktische Fundgrube auf. Der Regenbogen ist ein wertvolles Thema für Physikdidaktiker. Und die Schüler? Erstens: 23 Fragen sind zuviel. Die Menge erschlägt, entmutigt und schafft man die Beantwortung nicht. Zweitens: Das BLK-Gutachten bestätigt eine Erfahrung: „Die Inhalte des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts können allesamt durchaus interessant sein. Es ist aber unrealistisch zu erhoffen, dass sich alle Schülerinnen und Schüler im Unterricht gleichermaßen für alle Inhalte interessieren werden.“ ([1], S. 33) Drittens: Wir lehren nicht das, was die Schüler interessiert, sondern das, was der Lehrer gut kann. Dieser Punkt gibt die Überleitung zu einem andern Punkt der Motivsuche.

Über Interessen und Fragen an Motive herankommen

Die Lehrkraft ist ein ‘Motivsucher’ und kein ‘Motivationsmacher’. Aber was sind die Motive der Schülerinnen und Schüler? Die folgende Kartenabfrage zum Start des Physikunterrichts in der Klasse 8 zeigt die Interessen der Schülerinnen und Schüler. Jeder Schüler erhielt eine Karte und sollte Fragen formulieren, auf die er vom Physikunterricht Antworten erwartet.

Vom Optikunterricht erwarte ich Antworten auf folgende Fragen, die mich besonders interessieren:

1 Wie weit reicht das Licht ???

2 Warum ist das Licht hell und nicht dunkel ?

- 3 Wie entsteht das Licht ??????????????
- 4 Wie mißt man die Helligkeit des Lichtes ??
- 5 Seit wann kann man Licht künstlich erzeugen ?
- 6 Wie entsteht das Sonnenlicht ?
- 7 Wie kann man Licht dosieren ?
- 8 Woraus besteht Licht ??????
- 9 Warum kann man farbenblind sein ?
- 10 Wie schnell ist ein Lichtstrahl ??
- 11 Warum ist das Sonnenlicht warm ?
- 12 Wie kann das Auge Farben wahrnehmen und unterscheiden ??????
- 13 Wie schnell ist das Licht ???
- 14 Wieweit durchdringt Licht Wasser ???
- 15 Was ist ein Lichtjahr ?
- 16 Was sind Konkavlinsen und wozu braucht man sie ?
- 17 Wie spiegelt sich das Licht auf der Wasseroberfläche ?
- 18 Woraus bestehen Sonnenstrahlen ??
- 19 Wie ist das Auge aufgebaut ?
- 20 Ist Licht warm oder kalt ?
- 21 Warum ist die Sonne bei Auf- und Untergang rot ?
- 22 Wie geht das mit der Farbenblindheit ?
- 23 Warum gibt es blinde Leute ?
- 24 Augenoperation mit Laser ?
- 25 Wie weit kann man sehen ??
- 26 Warum ist der Fachausdruck von der Lehre des Lichtes 'Optik' ?
- 27 Warum entsteht Licht ?
- 28 Wo entsteht Licht ??
- 29 Wann entsteht Licht ?
- 30 Was sieht ein Mensch, wenn er farbenblind ist ?
- 31 Kann man die Lichtgeschwindigkeit erreichen ?
- 32 Wie entsteht ultraviolettes Licht ?
- 33 Warum verliert sich ein Lichtstrahl ?
- 34 Wieso kann das Auge nicht endlos weit in die Ferne sehen ?
- 35 Warum ist Licht warm ?
- 36 Wieso kann das Auge nicht mehrere Dinge zugleich beobachten ?
- 37 Woher kommt das Licht ?
- 38 Welche Größe eines Gebietes kann ein Lichtstrahl erhellen ?
- 39 Wie entsteht unser Augenlicht ???
- 40 Warum kann unser Auge verschiedene Farben wahrnehmen ?
- 41 Warum sehen wir im Spiegel unser Spiegelbild ??
- 42 Warum können Tiere bei Dunkelheit alles erkennen ??
- 43 Woher kommt der Wärmestrahle ?
- 44 Wie sind die Farben von Blumen etc. zusammengesetzt ?
- 45 Wie entsteht Phosphor, warum ist es ein kühles Licht und wie kommt es in Höhlen. Wie gehen Tiere in der Tiefsee damit um, und wie können sie es fabrizieren ?

- 46 Wie unterscheiden wir verschiedene Farben ?
- 47 Wie bekommen Blumen ihre Farbe ?
- 48 Wie funktionieren 3-D-Bilder auf Kreditkarten ?
- 49 Wieso kann man kurzsichtig /weitsichtig werden ??
- 50 Was ist das Gegenteil von Optik ?
- 51 Wie entsteht ein braunes Auge ?
- 52 Warum kann unser Auge die einzelnen Bilder des Zeichentrickfilms nicht erkennen??
- 53 Wie kommt es zur Lichtbrechung ?
- 54 Warum können die Eulen in der Dunkelheit sehen ?
- 55 Wie funktioniert das Nachtfernglas mit ultravioletten Strahlen ?
- 56 Wie sind infrarot und ultraviolette Strahlen anhand des Regenbogens zu erklären ?
- 57 Was sind phosphoreszierende Stoffe und wie entstehen sie ?
- 58 Wie lange braucht ein Lichtstrahl bis zum Mond ?
- 59 Wie entsteht ein Laserstrahl ?
- 60 Sieht man, wenn man farbenblind ist schwarz-weiß ?
- 61 Kann man Laser spiegeln, ohne dass der Spiegel kaputtgeht ?
- 62 Wie erweitert sich die Pupille des Auges ?
- 63 Wie kann es passieren, dass es farbenblinde gibt ?
- 64 Wie kann es passieren, dass man eine Brille braucht ?
- 65 Was bewirkt die Brille ?
- 66 Wie kann man mit bunten Kontaktlinsen die Augenfarbe ändern ?
- 67 Wie kann es sein, dass man zwei verschiedenfarbige Pupillen hat ?
- 68 Warum hat ein Regenbogen nicht mehr Farben ?
- 69 Warum erscheint die Sonne nicht immer gelb, sondern manchmal rot oder orange ?
- 70 Wie entstehen Farben ??
- 71 Was können Sonnenstrahlen alles bewirken ?
- 72 Gibt es mehr Farben als man sehen kann ?
- 73 Warum kann Licht nicht riechen ?
- 74 Was ist Brechkraft ?
- 75 Was ist der Unterschied zwischen Kontaktlinsen und einer Brille ??
- 76 Kann eine weitsichtige Person auch Kontaktlinsen tragen ?
- 77 Wieso gibt es eine Sonnenfinsternis ??
- 78 Wer erfand die Glühbirne ? Wie erfand er die Glühbirne ?

Die Fragen wurden vom Lehrer transkribiert und den Schülern ausgeteilt. Die Fragen begleiteten den Optikunterricht durchgehend. Sie wurden von der Klasse zunächst klassifiziert, indem sie in Kategorien mit folgenden Aufschriften gesteckt wurden: Licht, Farben, Augen, optische Geräte, Sonnenlicht, Falsch gestellte Fragen. Die Fragenliste wurde ins Heft geklebt und falls der Unterricht eine Frage beantwortete, wurde diese abgehakt. Die Methode findet bei den Lernenden Anklang und vermag zumindest einem Vorwurf vorzubeugen: Physikunterricht gibt Antworten auf nie gestellte Fragen.

Der Katalog interessierender Fragen stand am Anfang des Physikunterrichts. Eine andere kleine Umfrage unter 10 Schülern und 2 Schülerinnen des Physikleistungskurses kurz vor dem Abitur gab Auf-

schluss über Interessensverschiebungen.

Schülermeinungen (12 Schüler) auf den Impuls „Guter Physikunterricht ...“

1. Merkmale unter Inhaltsaspekt

- gibt einen Einblick in die verschiedensten Fachgebiete der Physik
- zeigt einem verschiedene Methoden (Experimente, Theorie, Computer-Simulation,...), um ein Problem wissenschaftlich zu lösen
- zeigt, dass es Zusammenhänge gibt, die die Physik zusammenfassen und so einfacher machen kann
- behandelt verschiedene Themengebiete
- behandelt interessante Themen
- zeigt viele verschiedene Methoden auf, wie man wissenschaftlich arbeitet
- besteht aus einer guten Mixtur verschiedener Methoden und Arbeitsweisen, z.B. Experimente, Mathematik, Philosophie,...
- Eine starke Gewichtung auf einen Zweig ist negativ
- sollte auch fachübergreifend gestaltet sein, z.B. Sportexperimente.
- Ein Zusatzangebot durch den Lehrer, z.B. AG ist sehr positiv
- gibt Einblicke in neue Zweige der Forschung

2. Merkmale unter Gestaltungsaspekt

- braucht Kontinuität im Arbeiten, damit großflächige Zusammenhänge hergestellt werden
- Dialog statt Monolog
- sollte zum besseren Verständnis ein anschaulicher Unterricht sein (Versuche, Beispiele, Darstellungen)
- nimmt einfache Versuche, so dass man Dinge erkennt, die man vorher nicht gesehen hatte (z.B. Interferenz an Seifenblasen, Spalten,...)
- macht Theorie und Versuche
- visualisiert schwierige physikalische Themen
- macht passende Experimente, auch Schülerexperimente
- lässt Referate durch die Schüler zu
- hat ordentliche und strukturierte Vorträge
- nutzt den Einsatz neuerer Medien (Computer, Video, Overhead,...)
- lässt Referate (mit Vorbereitung) zu
- hat gute Vorträge
- bezieht den Schüler mit ein (Experimente, Referate, ...)
- macht Schülerexperimente
- sollte den Konsumenten nicht zur Ruhe kommen lassen, ihn auch zum Agieren zwingen, sozusagen seinen 'wissenschaftlichen Ehrgeiz' wecken
- ist gut gemachter Frontalunterricht

3. Merkmale unter Zielaspekt

- muss zum Nachdenken anregen
- muss einen fordern

- darf nie langweilig werden
- sollte Spaß machen
- versucht auf nicht allzu laienhafte Weise physikalische Phänomene auch dem Menschen zu erklären, der seine Freizeit mit anderen Dingen ausstattet
- gibt Anregungen zum Selbstnachdenken über Probleme, Fragen, Phänomene, die im Alltag auftreten
- bringt den Schüler auch außerhalb des Unterrichts zum Nachdenken
- muss Interesse wecken, um selbst weiterzudenken
- regt zum Nachdenken an
- sollte grundsätzlich sein und die ursprünglichen Phänomene trotz mathematischer Abstraktion nicht aus den Augen verlieren sollte die Verbindung zwischen Unterricht und Alltäglichem herstellen

4. Merkmale unter Beziehungsaspekt

- entwickelt eine gute Atmosphäre (Verhältnis) zwischen Lehrer und Schüler
- beruht, wie jeder Unterricht, auf gegenseitigem Respekt

Die Merkmale eines guten Physikunterrichts sind in der Meinung der Schülerinnen und Schüler recht eindeutig. Sie wünschen sich in Bezug auf die verschiedenen Aspekte:

- *Inhaltsaspekt:* inhaltliche und wissenschaftsmethodische Vielfalt
- *Gestaltungsaspekt:* unterrichtsmethodische Vielfalt mit Schülerexperimenten im Dialog
- *Zielaspekt:* anregend und fordernd
- *Beziehungsaspekt:* gegenseitiger Respekt in guter Atmosphäre.

Didaktische Einseitigkeit wird von den Schülern damit genauso abgelehnt wie eine arbeits- und unterrichtsmethodische Monokultur. Vielfältigkeit in allen Bereichen ist der eindeutige Wunsch der Schülerinnen und Schüler.

Über Events und Situationen an Motive herankommen

Mit optischen Naturphänomenen scheint man bei der Motivsuche leicht Treffer zu landen. Nun eine andere unvorhergesehene Situation: Im Leistungskurs Ende 12. Klasse steht das Thema Lichtpolarisation an. Dazu habe ich eine Werbeanzeige für rechtsdrehenden Bio-Jogurt mitgebracht und lese vor. Die übliche Motivationsphase. Statt wie erwartet das Gehörte mit dem vorangegangenen Optikstoff zu verbinden, assoziieren die Schüler mit dem Begriff 'rechtsdrehend' etwas Mechanisches, etwas Handgreifliches. Warum auch nicht? Ich sage nichts, nicke nur ermutigend. Der Begriff 'Drehimpuls' schwirrt plötzlich im Raum. Ich sage immer noch nichts, ermutige nonverbal zum Weiterdenken. Ja, wie beim Elfmeter-Drall und so. Ich nicke nur. Der Jogurt bekommt, wenn man ihn schüttelt, woher auch immer, vielleicht beim Abfüllprozess, einen Rechtsdrall. Ich nicke ermutigend und werfe ein: Warum muss denn das auf der Packung stehen: rechtsdrehend? Ja, wenn jetzt viele Jogurtbecher, ganze Lastwagenpaletten, jeder einen Drehimpuls nach rechts bekommt und sich die alle addieren, dann kommt auf den Laster ein ganz schöner Drehimpuls nach rechts zu. Ja und? Ja, wenn der Laster eine Linkskurve oder eine Rechtskurve fährt, dann macht das schon einen Unterschied, d.h. der Fahrer muss dann schon ganz anders lenken ... Irgendwann konnte ich nicht mehr an mich halten. Zu of-

fensichtlich war mein Schmunzeln. So etwas hatte ich noch nie erlebt. Schüler stellen eine physikalisch abstruse aber sehr eingängige Theorie auf. Ein ungeplantes Pardestück gelungenen Physikunterrichts: authentisch, in der physikalischen Vorgehensweise selbstständig und geistreich, mit einer motivierenden Eigendynamik und didaktisch wertvollsten Nebeneffekten. Es ist klar, dass sich nach der Aufklärung eine ausgiebige Diskussion über Entstehung, Verlässlichkeit, Glaubwürdigkeit, Scharlatanerie in den Wissenschaften und über das Auf-Den-Arm-Nehmen anschloss. Die Eigenerfahrung in der Psychologie der Entstehung und Durchsetzung wissenschaftlicher Meinungen war mehr wert, als eine Diskussion über Paradigmenwechsel und die Entstehung wissenschaftlicher Revolutionen. Klar, dass im nachfolgenden Unterricht in Zweifelsfällen häufig gefragt wurde: 'Ist das wieder so etwas wie der rechtsdrehende Jogurt?' Welches Motiv wurde da ungeplant und unbeabsichtigt getroffen?

Über Aktuelles/Mysteriöses und Historisches an Motive herankommen

Physik kann doch so interessant sein. Wieso gelingt es der Schule nicht, das herauszustellen, wo es doch dem Focus, Bild der Wissenschaft, PM-Magazin, Welt der Wunder und den vielen erfolgreichen Fernsehsendungen aus Wissenschaft und Forschung gelingt? Können das die Lehrer nicht? Das Physikalische Institut an der Universität Mainz erreichte folgender Brief von Christopher:

Hallo Physikalisches Institut!

Ich heiße Christopher, bin 13 Jahre alt und gehe in die 8. Klasse. Es ist ein Gymnasium. Ich habe ein paar Fragen:

1. Wird es einmal möglich sein schneller als das Licht zu fliegen?
2. Wird es einmal möglich sein Warp Geschwindigkeit zu fliegen?
3. Was ist ein Photonentriebwerk?
4. Was ist ein Antimaterietriebwerk?
5. Was ist Beamen?
6. Wird es einmal später möglich sein zu Beamen?
7. Was ist ein Quantentunnel?
8. Gibt es Geschwindigkeiten, die schneller als das Licht sind?
9. Kann ich wieder schreiben, wenn ich noch Fragen habe?
10. Wird es einmal möglich sein mit einem Antimaterietriebwerk zu reisen?
11. Wird man einmal ein Photonentriebwerk bauen können?
12. Wird man einmal ein Antimaterietriebwerk bauen können?
13. Kann man künstliche Gravitation erzeugen?
14. Was ist künstliche Gravitation?

Adresse: Christopher Eichner

Christopher hat hier die interessantesten wie schwierigsten Fragen der Physik aufgeworfen. Eine große didaktische Herausforderung. Das Magazin 'Welt der Wunder' nimmt sich des Themas folgendermaßen an: „Auf ein anderes merkwürdiges Phänomen war Albert Einstein 1935 durch reines Nachdenken gestoßen: 'Spukhafte Fernwirkungen', wie er sie nannte, können zwei voneinander fortfliegende Teilchen auf eine rätselhafte Weise miteinander verbinden. Physiker sprechen von einer Verschränkung der Teilchen. Im unbeobachteten Zustand sollen sie keine Eigenschaften jeweils für sich allein besitzen, sondern nur gemeinsame Eigenschaften. Würde man eines der Teilchen auffangen und seine Eigenschaften messen, bei einem Photon beispielsweise die Schwingungsebene, müsste auch die Eigenschaft des anderen Teilchens bestimmt sein. Und das sollte durch Geisterhand und ohne Zeitverlust geschehen, also ohne irgendeine Möglichkeit der 'Absprache' zwischen den Photonen. Einstein wollte nicht glauben, dass die Natur solche verrückten Verkupplungen zulässt und zweifelte deshalb kurzerhand an der Richtigkeit der Quantenphysik. Doch hier irrte das Genie - ...“ ([2], S. 18)

Das ist keine didaktische Reduktion und ist keine verstehbare Elementarisierung der Realitätsfrage in der Quantentheorie für einen Jugendlichen. Mit einigen Fachbegriffen (Fernwirkung, Verschränkung, Eigenschaften, Photon, Schwingungsebene, ...), mit assoziativen Bildern (Geisterhand, Zeitverlust, Absprache, Verkupplungen, spukhaft, ...), mit etwas Geniekult incl. des sympathisch menschlichen Irrtums des Genies Einstein wird ein unverständlicher Cocktail angerichtet, der eines sicher erreicht: mysteriöse Superlative aus dem Guinness-Buch der wissenschaftlichen Rekorde.

Über Sinnstiftung und Verstehen an Motive herankommen

Die Realitätsfrage in der Quantentheorie, bzw. die Interpretationen der Quantentheorie gehören zum Interessantesten des Physikunterrichts. Hier trifft man bei den Schülerinnen und Schülern ins Schwarze der Motive. Das belegen die nachfolgenden schriftlichen Antworten der Schülerinnen und Schüler auf den Impuls „Das Besondere, das ich in der Quantenphysik gelernt habe ist ... „. Die 13 Schüler des Leistungskurs 13. Klasse antworteten schriftlich auf folgenden Impuls:

„Das Besondere, das ich in der Quantenphysik gelernt habe ist ... „

1

- ..., dass Physik viel fundamentaler ist, als ich sowieso annahm
- ..., dass es sehr auf die 'Größe' und die 'Größenordnung' ankommt, mit und in der man experimentiert, denkt und philosophiert
- ..., dass man bereit sein muss, alte Denkweisen komplett zu überdenken und auch mal 'komplett über den Haufen zu werfen'

2

- ..., dass die klassische Physik mit ihren Gesetzen und Formeln ein Grenzfall der Mikro (und Makro-) Physik ist
- ..., dass Physik und Philosophie stark miteinander zusammenhängen
- ..., dass nicht alle Phänomene mathematisch oder logisch fassbar und erklärbar sind, sondern teilweise einer interpretierenden Deutung bedürfen

3

- ..., dass die Philosophie eine wichtige Komponente der Physik ist

..., dass unsere 'klassischen' Naturvorstellungen keinen universellen Stellenwert haben und man diese oft zugunsten des Fortschritts aufgeben muss

..., dass Experimente eine wichtige Rolle in der Physik spielen

4

..., dass Physik und Philosophie ineinander übergehen

..., dass unsere 'mesokosmischen' Vorstellungen doch nicht so selbstverständlich sind

..., dass Natur absurd ist

5

... die Bedeutung der Philosophie im Physikunterricht

... die Bedeutung der Interferenz (Wichtigkeit der mechanistischen Sehweise nur aus Sicht des Menschen)

... verschiedene Standpunkte auch unter Fachwissenschaftlern

6

..., dass ich interferiere (Alles ist Interferenz)

..., dass Physik das interessanteste Fach ist

..., dass Philosophie nicht unbedingt nur schlecht und langweilig sein muß

7

..., dass man die Welt nicht so erklären kann, wie ich es annahm

..., dass alles Interferenz ist,

..., dass ich offener zu neuen Theorien bin

..., dass Physik und Philosophie eng zusammenhängen

..., dass vorgestellte Experimente mit mitgeteilten Ergebnissen auch ihre Wirkung haben

8

..., dass alle Dinge, die ich im Laufe meiner Schullaufbahn gelernt habe - klassische Physik - zum größten Teil in der Quantenphysik nicht mehr gültig sind

..., dass alles Interferenz ist

..., dass viele Dinge, die ich vorher angenommen habe, bzw. die ich mir vorgestellt habe, im Laufe des Unterrichts immer wieder geändert wurden

9

..., dass Mikroobjekte mit sich selbst interferieren können

..., dass es Wahrscheinlichkeitswellen gibt, die die Bewegung der Elektronen wiedergeben

..., dass ununterscheidbare Elektronen erst Interferenz zeigen

10

..., dass eine Nichtlokalität existiert,

..., dass es 'Wellen' (ohne Energietransport) gibt, die sich mit Überlichtgeschwindigkeit 'bewegen'

..., dass sich die gesamte klassische Physik auf die Quantenphysik gründen lässt,

..., die philosophischen Auswirkungen

11

..., dass nicht alle Phänomene (Ergebnisse und Experimente) mit 'Tatsachen' zu beschreiben sind (klassische Erklärungen)

..., dass alles (auch ich) interferiere

..., dass Physik interessant ist

12

... alles ist Interferenz

... die Welt ist ganz anders, als ich immer dachte

... alles, was ich bisher gelernt habe, waren nur Sonderfälle der Quantenphysik

13

..., dass nach der Heisenbergschen Unschärferelation die Elektronen nicht so zu präparieren sind, dass Orts- und Impulsunschärfe gleichzeitig klein sind

..., dass es gegensätzliche Aussagen von verschiedenen Physikern gibt (Kopenhagener versus Realisten)

..., dass Physik und Philosophie eng zusammenhängen

Neben den inhaltlichen Besonderheiten ist die Einstellungsänderung hinsichtlich des philosophischen Aspekts der Physik von besonderer Bedeutung. Stellvertretend dafür: „... dass Philosophie nicht unbedingt nur schlecht und langweilig sein muss“ und etwas weniger plump: „... ,dass die Philosophie eine wichtige Komponente der Physik ist“.

Es braucht aber nicht erst der Interpretationsfragen in der Quantenphysik, um im Physikunterricht Philosophie zu betreiben. Das ist bei fast jedem Thema und in jeder Klassenstufe möglich, allerdings nicht immer so spektakulär. Der Erfahrung nach sind es die ontologischen Fragen, genauer der Umgang der Physik mit denselben, die Schülerinnen und Schüler auf jeder Klassenstufe interessieren. (vgl. auch [4])

Die Interpretationsfragen in der Quantenphysik gehören zu einer Thematik, die von den Lehrerinnen und Lehrern fachliches Hintergrundwissen erfordert, zu der es bis heute keine einheitliche Auffassung gibt, aber der Lehrer ist zur eigenen Stellungnahme aufgefordert. Das Thema ist weiterhin didaktisch wie methodisch unbearbeitet. So stellt sich die Frage: „Wie thematisiert man methodisch die Philosophie im Physikunterricht, ohne dabei weder in Geschwätzigkeit noch in Lehrermonologe zu verfallen?“ Didaktischer Dreh- und Angelpunkt eines Quantenphysikunterrichts sollte das Doppelspaltexperiment sein. Feynman schreibt: „Das zentrale Geheimnis der Quantentheorie steckt im Doppelspaltexperiment.“ In der Tat erweist sich das Doppelspaltexperiment als didaktischer Alleskönner, denn im Doppelspaltexperiment „steckt“:

- das „Wellige“, das „Körnige“ und das „Stochastische“ der Quantenphysik,
- die heisenbergsche Unschärferelation,
- die Frage des Messprozesses,
- die Frage der Nichtlokalität,
- viele andere wichtige Experimente,
- die ganze Palette der Interpretationen.

Kurzum: *Im Doppelspaltexperiment „steckt“, was in der Quantenphysik erstrangig ist.*

Das, was im Doppelspaltexperiment drin steckt, muss im Unterricht aber an die Motive der Schülerinnen und Schüler herankommen. Hier ein methodischer Vorschlag, mit dem gute Erfahrungen gemacht wurden. Dem Kurs wird nach Behandlung des Jönsson-Experiments und dem Experiment mit der Elektronenbeugungsröhre, also nach einigen Wochen Unterricht zum Thema ‘Mikroobjekte’, eine Liste mit 28 verschiedenen erkenntnistheoretischen Positionen vorgelegt. Die Schüler sollen diejenigen markieren, denen sie sich anschließen. Eine Blamage ist bis auf leicht erkennbare zwei Ausssa-

gen nicht möglich, da alle von berühmten Physikern stammen. Es handelt sich um Literaturstellen, die auf das Doppelspaltexperiment umgeschrieben sind. Nach dem individuellen Ankreuzen wird auf einer Folienkopie eine Strichliste aufgenommen, die das Spektrum der Positionen des gesamten Kurses zeigt. Anschließend werden die verschiedenen Aussagen klassifiziert. Vor jede Aussage kann der entsprechende Buchstabe notiert werden. Der Vergleich mit den eigenen Markierungen schafft Identifikationen mit den verschiedenen Interpretationsrichtungen. Das breite Spektrum spiegelt sich in der Klasse wider und führt zu einer lebhaften Auseinandersetzung. Das vorgelegte Material dient dabei als Steinbruch, ohne einzuengen und fördert ähnlich wie der szenische Dialog das Gespräch.

Erkenntnistheoretische Positionen zum Doppelspaltexperiment

- 1 Im Doppelspaltexperiment ist das Elektron ein Teilchen und eine Welle.
- 2 Im Doppelspaltexperiment erscheint uns das Elektron wie ein Teilchen und wie eine Welle.
- 3 Im Doppelspaltexperiment verhält sich das Elektron wie ein Teilchen und wie eine Welle. Es ist keines von beidem.
- 4 Wenn ich ein Ensemble von Elektronen so und so präpariere, dann erscheinen sie im Doppelspaltexperiment als Teilchen oder als Welle.
- 5 Das Doppelspaltexperiment zeigt uns den Wellencharakter und den Teilchencharakter der Elektronen.
- 6 Mangels Information weiß ich nicht was das Elektron 'an sich' ist. Die Realität des Elektrons verbirgt sich meiner Erkenntnis.
- 7 Das Doppelspaltexperiment sagt uns nicht wie die Natur des Elektrons ist, sondern sagt uns, was wir über die Natur des Elektrons sagen können.
- 8 Wir wissen nicht was ein Elektron ist und wir werden es nicht wissen (Ignoramus et ignorabimus).
- 9 Was das Elektron ist, interessiert mich nicht. Mich interessiert, was im Doppelspaltexperiment hinten herauskommt.
- 10 Die augenblickliche Position eines Elektrons von der Quelle zum Schirm ist prinzipiell unbestimmt.
- 11 Die augenblickliche Position eines Elektrons von der Quelle zum Schirm ist nicht prinzipiell unbestimmt, sondern dem Experimentator unbekannt.
- 12 Die Quantenmechanik beschreibt die physikalische Wirklichkeit des Doppelspaltexperiments unvollständig. Die Theorie enthält verborgene Parameter.
- 13 Ein Elektron ist ein Elektron, wenn es gemessen wird. Ein Phänomen ist erst ein reales Phänomen wenn es ein beobachtetes Phänomen ist. Die Beobachtung schafft erst die Realität.
- 14 Sie fragen nach der Realität des Elektrons im Doppelspaltexperiment? Es gibt keine tiefere Realität.
- 15 Das Elektron im Doppelspaltexperiment ist ein gewöhnliches Objekt wie ein Apfel. Die Quantenrealität ist dieselbe wie die Apfelrealität.

- 16 Ich als Beobachter mit Bewusstsein entscheide was ich auf dem Schirm sehe, entscheide über die Realität der Elektronen. Mein Bewusstsein erzeugt die Realität.
- 17 Das Elektron an sich gibt es gar nicht. Es ist Bestandteil der experimentellen Situation.
- 18 Wenn das Elektron durch das Doppelspaltexperiment zum Schirm fliegt, muss es doch einen ganz bestimmten Weg nehmen; auch wenn ich ihn nicht bestimmen kann.
- 19 Das Elektron muss doch einen bestimmten Weg laufen, unabhängig ob ich ihn beobachte oder nicht.
- 20 Das Elektron läuft nicht einen bestimmten Weg, sondern nimmt notwendig alle ihm offenstehenden Wege (=Möglichkeiten, auch Zick-Zack-Wege) gleichzeitig wahr.
- 21 Sie fragen: Wo entscheidet das Elektron, ob es sich als Welle oder als Teilchen verhält? Ich antworte: nirgends.
- 22 Über die Natur des Elektrons beim Doppelspaltexperiment kann ich keine Aussagen machen. Ich kann nur Aussagen über das stochastische Verhalten vieler gleichartig präparierter Elektronen machen.
- 23 Die Erscheinungen im Doppelspaltexperiment sind genauso wirklich wie im täglichen Leben; aber die Elektronen sind es nicht. Sie gehören der Welt der Möglichkeiten an und nicht der Welt der Dinge und Tatsachen.
- 24 Die Elektronen im Doppelspaltexperiment sind reale Teilchen, werden aber von einer realen unsichtbaren Welle durch die Apparatur geführt.
- 25 Unmittelbar vor dem Auftreffen auf dem Schirm im Doppelspaltexperiment ist das Elektron nicht in eine bestimmte Richtung ausgerichtet. Vor dem Aufprall ist es überall hin ausgerichtet.
- 26 Jedes Elektron geht nur durch einen Spalt, ist sich aber der Existenz und des Ortes des anderen Spaltes bewusst, wenn dieser geöffnet ist und wählt verschiedene Richtungen, die zum Interferenzmuster beitragen.
- 27 Über die Natur des Elektrons habe ich mir nie Gedanken gemacht.
- 28 Ich begreife das Verhalten der Elektronen im Doppelspaltexperiment nicht.

Erkenntnistheoretische Positionen:

Kopenhagener: Es gibt keine tieferliegende Realität

Realisten: Es existiert eine vom Beobachter unabhängige Realität

Bewusstseinsrealisten: Bewusstsein schafft Realität

Platoniker: Es gibt eine doppelte Welt, die des Möglichen und des Faktischen

Naivrealisten: Die Realität ist das was wir wahrnehmen.

Positivisten: Nur die begrifflich-logische Fassung der Realität ist möglich und sinnvoll

Experimentelle, pragmatische Haltung: Nicht Interpretationen interessieren sondern, nur das was im Experiment herauskommt.

Über Methodik und Performance an Motive herankommen

Macht das Thema die Physik interessant, oder ist es die didaktische und methodische Aufbereitung im Unterricht? Oder ist es gar erst die Interaktion im Unterrichtsgeschehen selbst? Eine klare Antwort: Es ist die Hier-Und-Jetzt-Interaktion aller Unterrichtsbeteiligten, wobei die didaktische und methodische Aufbereitung eine ausschlaggebende Bedeutung hat und wobei gewisse Themen diese Aufbereitung leichter machen als andere. Erfahrungen zeigen:

- Manche Themen sind didaktisch sperrig und lassen sich kaum didaktisch ansprechend elementarisieren, obwohl sie uns thematisch interessant erscheinen.
- Trotz guter didaktischer Aufbereitung enttäuscht mich in Unterrichtsbeobachtungen manches Selbstläuferthema, indem es methodisch dahindümpelt.
- Selbst bei ähnlicher methodischer Aufbereitung spricht der Unterricht zum selben Thema beim selben Lehrer sehr unterschiedlich an.

Man steigt nie zweimal in denselben Fluss, weiß ein chinesisches Sprichwort. Welche Bedeutung der Schüler einem Thema, einem fachlichen Problem, einer Situation etc. beimisst, das entscheidet die momentane Wirkung der Kommunikation und Interaktion. Fachinhalte konstituieren sich erst in der Unterrichtssituation zu Lerninhalten. Es gibt nicht die Garantie für Motivation und Interesse im Unterricht. Die Didaktik kann Bedingungen freilegen, Elementarisierungen entwickeln und Wege entwerfen. Praxis ist nicht umgesetzte Theorie, sondern die Bewältigung von Ernstfallsituationen. „Damit erweist sich die Vorstellung, Lehrkräfte könnten die Schülerinnen und Schüler auf einfache und direkte Weise zum Lernen motivieren, als unrealistisch. Sie können nur Unterrichtssituationen herstellen und gestalten, die Motivierungsprozesse anregen und unterstützen, und zwar solche, die dazu führen, dass die Schülerinnen und Schüler sich auf die Sache und die Anforderungen einlassen, zuhören, mitdenken, nachfragen - also lernen. Insofern ist Motivation eine notwendige Bedingung für das Lernen im Unterricht, auf die Lehrende hinwirken müssen.“ ([1], S. 29)

Über Strukturen und Übersichtlichkeit an Motive herankommen

Der Unterricht eines jungen Kollegen ist didaktisch phantasievoll und höchst kreativ. Interessante Inhalte mit Alltagsbezug bestimmen den Unterricht genauso wie eine unkonventionelle, einfallsreiche Darbietung und Präsentation. Vielfalt und Aktivität kennzeichnen das Unterrichtsgeschehen. Der Lehrer ist in der Sache engagiert, positiv gestimmt und in hohem Maße schülerfreundlich. Beste Voraussetzungen für einen erfolgreichen, wirkungsvollen, ja begeisternden Unterricht.

Allein, die Schüler sind von diesem Unterricht nur mäßig angetan, die Begeisterung bleibt aus, die Wirkung entspricht nicht den Erwartungen und dem Engagement des Lehrers. Den Schülern fehlt etwas, nämlich die sichtbare Seite des Lernerfolges, die Struktur, die Übersichtlichkeit und das Gefühl der Sicherheit. Schülermeinungen: „Was hat das eine mit dem andern zu tun? - Was soll das ganze? - Jedes einzelne ist gar nicht so schwer, nur das Ganze ist unverständlich! - Bevor wir das eine richtig können, sind wir schon wieder bei einem anderen Thema. - Wir wissen nicht, wo wir anfangen sollen zu lernen. - Was ist wichtig und was nicht?“

Schüler brauchen Strukturen, sowohl fachlich-inhaltliche Strukturen als auch unterrichtsmethodische Strukturen. Es ist das Recht des Schülers zu wissen, wo er inhaltlich steht. Er möchte im eigenen Kopf eine Wissensstruktur haben, bzw. aufbauen. Er möchte ein Netz des Wissens erkennen, um auch abhaken zu können. Dieses Recht besteht unabhängig von den Aneignungsverfahren der Lerninhalte und jenseits allen Streits über das Beste aller Lehrverfahren und die Beste aller Unterrichtsformen. Was einzig und allein zählt ist die Frage, ob das Recht des Schülers im konkreten Unterricht eingelöst wird.

Es geht um die Anschlussfähigkeit des lokalen Unterrichtsgeschehens in das globale Unterrichtsgeschehen über größere Zeiträume hinweg. Es geht um die sichtbare Seite der Sinnstiftung, des Zusammengehörens, der gegenseitigen Bezugnahme. Es geht um das rechte Maß von Unterforderung und Überforderung. Nun darf man dem jungen Kollegen nicht unterstellen, seinem Unterricht läge keine Struktur zugrunde. Ein Fachlehrer sieht die Zusammenhänge, erkennt eine Struktur, sieht Sinn und Zielrichtung im Aufbau. Allein der Schüler sieht all das nicht und kann es auch nicht sehen. Man muss dazu bereits sehend sein, oder einfach glaubend vertrauen. Dabei ist es so einfach den Schülern zu zeigen, 'wo wir gerade stehen, was wir gerade tun und wohin wir noch wollen.' Das kann u. a. geschehen mit Gliederungen, Strukturübersichten, Rückblicken, Zusammenfassungen.

Über anspruchsvolle Aufgaben und Anforderungen an Motive herankommen

Viel Aufwand wird betrieben, um das Lernen leicht, angenehm, freudvoll, lustig und spaßig zu gestalten. Dann aber muss man sich fragen, warum Menschen Dinge tun, die von der Sache her wenig reizvoll sind und Anstrengung verlangen. Wir müssen weiterhin fragen, warum Lernende an Themen Freude haben, die uns gar langweilig und öde erscheinen. Zu vermuten ist, dass hier Motive angezapft werden, die Gefühle beim Lernen erzeugen wie:

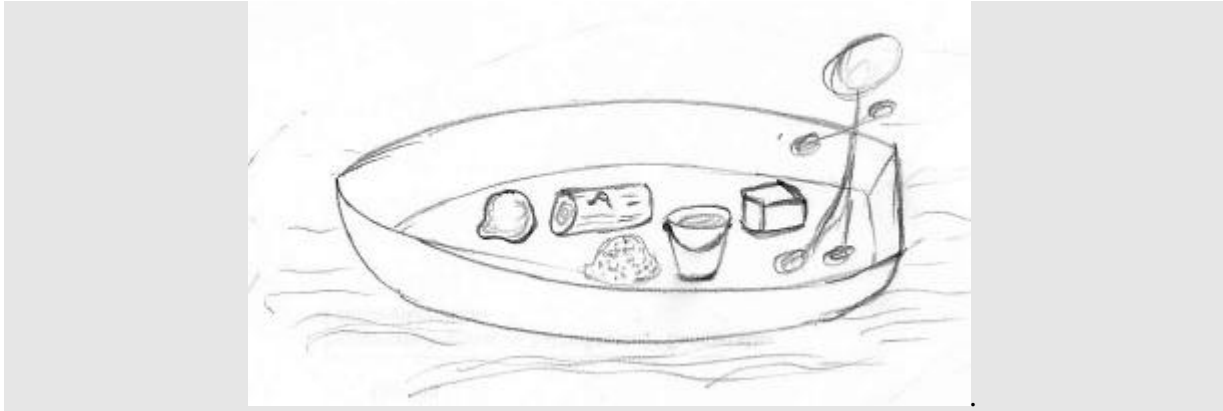
- Freude und Stolz, sich anzustrengen und etwas zu leisten
- Bewusstsein etwas dazuzulernen, einen Kompetenzzuwachs zu erfahren
- (sinnvoll) beschäftigt zu sein
- Stärken zu erfahren und ausspielen zu können
- das eigene Profil (Selbstkonzept) entwickeln zu können.

Anspruchsvolle Aufgaben, die verschiedene Kompetenzbereiche und Kompetenzstufen ansprechen, sind hier geeignet. Das folgende Beispiel, wie das Niveau in die **Breite** und in die **Tiefe** wirkt.

Physik – Thema „Der Auftrieb“ in der Klasse 9

Problem:

In einem Boot befinden sich (A) ein Stein, (B) ein Holzstück, (C) Wasser im Eimer, (D) ein Eisblock, (E) ein Sandhaufen, (F) eine Person.



Fragen und Aufgaben:

1. Wiederholt euer Wissen zum Begriff der Dichte und gebt es schriftlich wieder.
2. Bildet eine Hypothese zu folgender Fragestellung: Was passiert mit dem Wasserspiegel des Sees, wenn die einzelnen Teile in den See geworfen bzw. geschüttet werden? Steigt, sinkt er oder bleibt er gleich?
3. Führt das Simulationsexperiment mit den Materialien auf dem Experimentiertisch durch und überprüft eure Hypothese.
4. Beschreibt das Experiment.
5. Begründet das Ergebnis mittels dem folgenden Gedankenexperiment: Ein wassergefüllter Luftballon (Wasserbombe) wird in den See getaucht. Was passiert mit der Wasserbombe unter Wasser? (Der Luftballon sei extrem dünn und für das Gedankenexperiment masselos.) Was passiert mit der Wasserbombe, wenn sie an irgendeine andere Stelle unter Wasser gelegt wird? Denke euch nun das Wasser durch in dem Luftballon durch Sand ersetzt, anschließend durch Styropor.
6. Fertigt eine Zeichnung an und zeichnet die wirksamen Kräfte ein. Argumentiert mit den eingezeichneten Kräften.
7. Formuliere ein Gesetz: Jeder Körper verliert in einer Flüssigkeit scheinbar so viel von seinem Gewicht wie
8. Leite eine Formel für die Auftriebskraft an einem eingetauchten Quader her.
9. Bilde eine Hypothese für das Ausgangsproblem unter der Frage: Macht es einen Unterschied, ob es ein Süßwassersee, Salzwassersee oder ein Ölsee ist?
10. Beantworte folgende Fragen:
 - a) Wir tauchen 2 Körper mit demselben Volumen, aber mit verschiedener Gewichtskraft in Wasser ein. Wo ist der Auftrieb größer?
 - b) Wir tauchen 2 Körper mit derselben Gewichtskraft, aber mit verschiedenem Volumen in Wasser ein. Wo ist der Auftrieb größer?
11. Eine Figur aus Bronze hat die Gewichtskraft $F=7500\text{ N}$. Wenn man die Figur an einem Faden vollständig in Wasser eingetaucht wird, muss man sie mit der Kraft $F=5200\text{ N}$ am Faden halten. Prüfe durch Rechnung, ob die Figur massiv oder hohl ist.

12. Lest im Buch auf S. 163 den Text über „Archimedes und die Krone“ und gebt die Geschichte in eigenen Worten wieder.

13. Schreibt einen möglichen Dialog zwischen Archimedes und König Hieron.

Einordnung der Aufgaben in die Niveaumatrix:

		Kompetenzbereiche			
		Wissen	Fachmethoden	Kommunikation	Reflexion
Anforderungsbereiche	I	Wiedergeben einfacher Sachverhalte 1	Beschreiben und Einsetzen einfacher Fachmethoden 3, 4	Darstellen einfacher Sachverhalten in vorgegebenen Formen 10	Angeben einfacher Bezüge 12
	II	Anwenden von Sachverhalten eines abgegrenzten Gebietes 6, 9	Anwenden von Fachmethoden 2	situationsgerechtes Einsetzen geübter Kommunikationsformen 5	Herstellen einfacher Bezüge und Wiedergeben von Bewertungsansätzen
	III	problembezogenes Erarbeiten, Einordnen, Nutzen und Werten Wissen 7	problembezogenes Auswählen und Anwenden von Fachmethoden 8, 11	situationsgerechtes Anwenden wenig geübter Kommunikationsformen	Herstellen von Bezügen und Bewerten von Sachverhalten 13

Die Einordnung in die Niveaumatrix zeigt, dass hier für jede Schülerin und jeden Schüler etwas dabei ist.

Über Unterrichtsformen an Motive herankommen

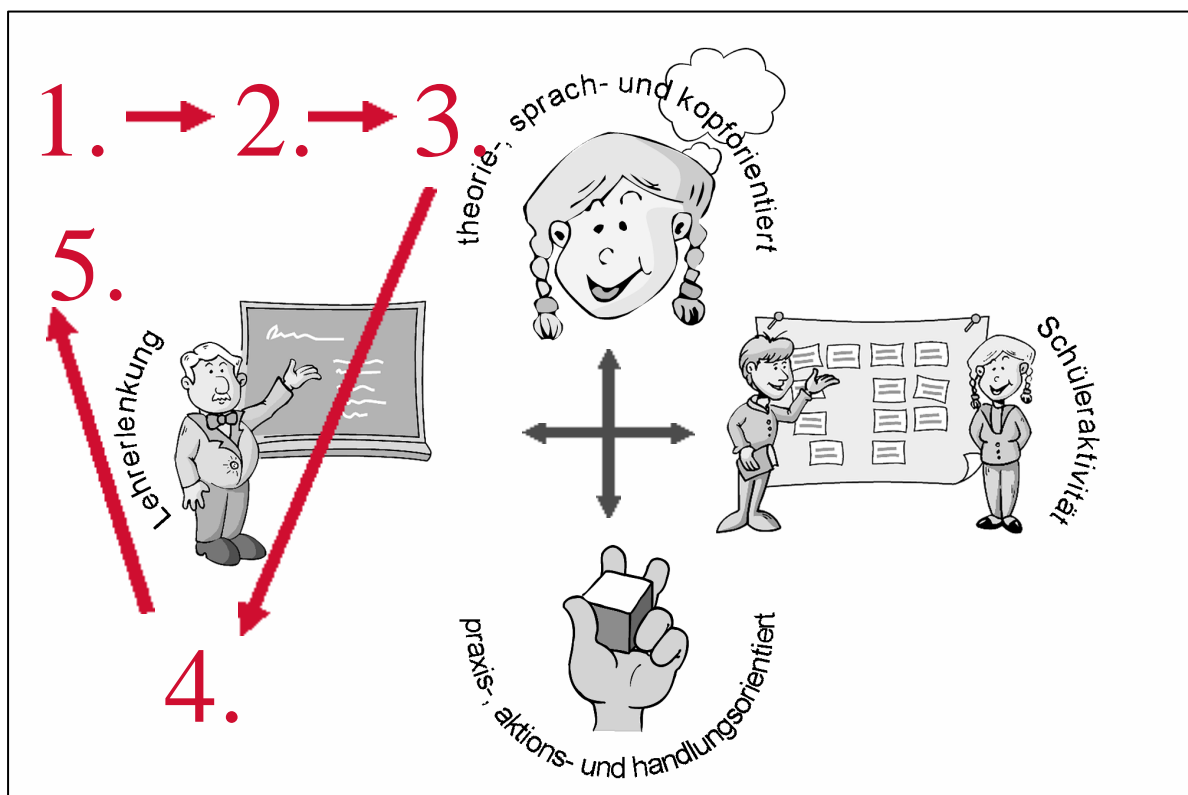
Die Motivationsfrage wird oft ausschließlich über die Inhaltsseite oder die Anwendungsseite hin angegangen. Die Bindung der Motivationsfrage an die Methodik öffnet den Physikunterricht verstärkt für Unterrichtsformen, die von dem üblichen Drehbuch abweichen. Schüleraktive Unterrichtsformen mit entsprechenden Mikro- und Makromethoden drängen nämlich verstärkt in den Physikunterricht und wirken sich positiv auf die Motivation und das Interesse aus. Man muss den schüleraktiven Unterrichtsformen eine sehr große Bedeutung zusprechen,

Die BiQua-Studie [10] am Leibniz-Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel hat in einer Videostudie im Physikunterricht ein Drehbuch bestätigt, das aus der Erfahrung heraus schon lange vermutetet wurde:

1. *Einführung*: Die Stunde beginnt mit der Demonstration eines Phänomens oder mit einer themenbezogenen Problemfrage.

2. *Hypothesenbildung*: Es folgt eine Erörterung von Hypothesen oder Lösungsansätzen im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch, das auf einen vorbereiteten Versuchsaufbau hinausläuft.
3. *Überprüfung*: Im Demonstrationsexperiment unter Schülermitwirkung erfolgt die Hypothesenbestätigung oder der experimentelle Beleg für die Problemlösung.
4. *Ergebnissicherung*: Die Ergebnisse werden unter Einbindung von Schülerbeiträgen an der Tafel dokumentiert und von den Schülern in das Heft übernommen.
5. *Anwendungen*: Die Stunde schließt mit weiterführenden Fragen, weiteren Anwendungsbeispielen, Ergänzungen oder experimentellen Demonstrationen.

Man vergegenwärtige sich den Unterrichtsverlauf in der nachfolgenden didaktischen Landkarte.



Auffällig bewegt sich der ganze Unterricht in den lehrergelenkten Regionen. Wer die Schulpraxis täglich erlebt, stellt insbesondere bei jüngeren Lehrerinnen und Lehrern drastische Verschiebungen in den zur Anwendung kommenden Drehbüchern fest. Erfreulicherweise bleibt der Physikunterricht davon nicht ausgenommen.

Schüleraktive Unterrichtsformen mit entsprechenden Mikro- und Makromethoden drängen nämlich verstärkt in den Physikunterricht und wirken sich positiv auf die Motivation und das Interesse aus. Man muss den schüleraktiven Unterrichtsformen eine sehr große Bedeutung zusprechen, Beispiele werden hier lediglich angedeutet.

- *Mini-Projekt: Wir bauen ein Berühr-Mich-Nicht*
Eine Klasse 5 startet im einstündigen Physik/Chemie-Unterricht das Thema Elektrizität mit dem

Auftrag in Gruppenarbeit ein Berühr-Mich-Nicht zu planen, zu bauen und zu präsentieren.
Ausführliche Beschreibung unter:

<http://www.uni-koblenz.de/~odsleis/wahlfach/beruehr/beruehr.htm>

- *Fächerübergreifendes Projekt: Größenordnungen in der Natur*
Angelehnt an die Literatur [8] beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler gruppenteilig mit den physikalischen Ursachen und Folgen der biologischen Merkmale von Lebewesen unterschiedlichster Größenordnungen. Dies geschieht fächerübergreifend unter Beteiligung der Fächer Physik, Biologie und Mathematik.
- *Fächerübergreifendes Projekt: Physik und Sport in Klasse 11*
Angelehnt an die Literatur [9] werden fächerübergreifend in projektartiger Unterrichtsform experimentell Größenordnungen von Kräften auf den menschlichen Körper bei verschiedenen Sportarten ermittelt.
- *Selbsterschließungsverfahren: Archive zum Thema Sonne*
Eine Klasse 10 erhält Archive, aus denen sie in Partnerarbeit einen Zeitschriftenartikel zum Thema Sonne schreiben soll.
- *Selbsterschließungsverfahren: Abgestufte Lernhilfen zu Dichtebestimmung*
Eine Klasse 9 erhält abgestufte Lernhilfen mit denen sie in Gruppenarbeit die Dichte von Kork bestimmen soll.
- *Modellbildungspraktikum: Fall von Körpern in Luft mit STELLA [7]*
Zum Abschluss des Mechanikkurses führt eine Klasse 11 in arbeitsteiliger Gruppenarbeit ein Praktikum zum Fall von Körpern (Styroporkugeln, Papiertrichter, Luftballons) in Luft durch, indem sie die Vorgänge mit dem Modellbildungssystem STELLA modelliert, simuliert, nach experimentellen Parametern, z. B. c_w -Wert fittet. Das Praktikum schließt mit einer Dokumentation und Präsentation ab.
- *Low-Cost-Lernstationen zum ebenen Spiegel*
Die Physik des ebenen Spiegels wird über 40 Low-Cost-Stationen gelernt. Eine Beschreibung unter:
<http://www.uni-koblenz.de/~odsleis/wahlfach/spiegel/spiegel.htm>

Alle Beispiele fordern ein hohes Maß an Schüleraktivität. Schüleraktivität stellt sich in der Unterrichtspraxis als der große Motivator heraus, in dem Sinne, dass sie ins Schwarze der Schülermotive treffen: selbst etwas tun zu wollen, tätig zu sein, sich zu erproben und sich bewähren, sich einzubringen und sich auszuklinken. Der Unterricht wird nämlich hier seiner Aufgabe gerecht, „Inhalte so darzubieten, dass die Schülerinnen und Schüler deren Reiz und Bedeutung und ihre eigenen Vorlieben und Stärken erfahren können. Auf diese Weise kann und muss der Unterricht zur Klärung, Differenzierung und Verfestigung von Interessen und zur Ausformung eines persönlichen Interessenprofils beitragen.“ ([1], S. 32) Das Interessensprofil, bzw. die getroffenen Motive im konkreten Fall bei jedem Schüler zu benennen ist schwer, weil eine sehr große Spannweite vorliegt. Im Hintergrund ist die besondere Wirkung von Affekten zu vermuten.

Über Affekte an Motive herankommen

Der 'emotionalen Stimmigkeit' (J. Dewey), dem 'emotionalen Echo' (F. Kubli) sollten wir im Physikunterricht besondere Aufmerksamkeit schenken. Dewey meint, „dass Menschen viel eher von der Erinnerung als vom Denken gelenkt werden.“ Luc Ciompi hebt die Bedeutung von Affekten auf die Kognition und Logik hervor. Dabei ist Affekt „eine von inneren oder äußeren Reizen ausgelöste, ganzheitliche psycho-physische Gestimmtheit von unterschiedlicher Qualität, Dauer und Bewusstseinsnähe.“ ([3], S. 67) Er bezeichnet Affekte als grundlegende Operatoren von kognitiven Funktionen:

- „Affekte sind die entscheidenden Energielieferanten oder 'Motoren' und 'Motivatoren' aller kognitiven Dynamik. ...
- Affekte bestimmen andauernd den Fokus der Aufmerksamkeit. ...
- Affekte wirken wie Schleusen oder Pforten, die den Zugang zu unterschiedlichen Gedächtnisspeichern öffnen oder schließen. ...
- Affekte schaffen Kontinuität; sie wirken auf kognitive Elemente wie ein 'Leim' oder 'Bindegewebe'. ...
- Affekte bestimmen die Hierarchie unserer Denkinhalte. ...
- Affekte sind eminent wichtige Komplexitätsreduktoren.“ ([3], S. 95-99)

Das stützt die durch Erfahrung gewonnene Vermutung, dass man keine Motivation machen kann, sondern nur Motive suchen und treffen kann, denn die Fühl-, Denk- und Verhaltensprogramme sind langfristig und latent wirksam. Das 'emotionales Echo' (Kubli, [5]) hat dabei eine Schlüsselfunktion. Es hervorzurufen ist eine unterrichtspraktische Aufgabe, die sich täglich neu stellt.

Was im BLK-Gutachten steht, ist aus den skizzierten Unterrichtserfahrungen heraus einsichtig: „Der Begriff Motivation beschreibt Zustände in der Person, die dem Lernen vorangehen und es begleiten. Ob jemand zum Lernen motiviert ist, hängt von Merkmalen der jeweiligen Situation, den Inhalten und Anforderungen, aber auch von individuellen Besonderheiten, Vorlieben und Selbsteinschätzungen ab. Damit erweist sich die Vorstellung, Lehrkräfte könnten die Schülerinnen und Schüler auf einfache und direkte Weise zum Lernen motivieren, als unrealistisch. Sie können nur Unterrichtssituationen herstellen und gestalten, die Motivierungsprozesse anregen und unterstützen, und zwar solche, die dazu führen, dass die Schülerinnen und Schüler sich auf die Sache und die Anforderungen einlassen, zuhören, mitdenken, nachfragen - also lernen. Insofern ist Motivation eine notwendige Bedingung für das Lernen im Unterricht, auf die Lehrende hinwirken müssen.“ ([1], S. 29)

Abschließend ein Zitat aus der BLK-Expertise: "Schülerinnen und Schüler interessieren sich dann leichter für den Lehrstoff, wenn sie wahrnehmen können, dass auch die Lehrkraft das Thema interessant, spannend und wichtig findet. Allerdings ist dies nicht so oft der Fall, wie es sein könnte." ([1], S. 36)

Literatur:

- [1] Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung: Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaft-

- lichen Unterrichts“. Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung Heft 60. Bonn 1997.
- [2] Einfach wegbeamten. Von der Science-fiction zur Wirklichkeit: Forscher erfinden das Beamen! Und die Welt der kleinsten Teilchen ist verrückter als man sich vorstellen kann. Welt der Wunder 5(1998), 16-20.
 - [3] Ciompi, Luc: Die emotionalen Grundlagen des Denkens. Entwurf einer fraktalen Affektlogik. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1997.
 - [4] Leisen, Josef: Der Szenische Dialog. Ein unterrichtsmethodischer Vorschlag zu Physik und Philosophie. Praxis der Naturwissenschaften Physik 4(1999), S. 35-37.
 - [5] Kubli, Fritz: Unterricht heißt Zeichen setzen. Plädoyer für eine semiotische Didaktik. Neue Sammlung 28(1988), 548-562.
 - [6] Wagenschein, Martin: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken II. Stuttgart: Ernst Klett 1970. 184 S.
 - [7] Leisen, Josef und Michael Neffgen: Modellbildungspraktikum: Fall von Körpern in Luft. Praxis der Naturwissenschaften Physik 3(1999), 7-11.
 - [8] Schwaiger, Edeltraud: Größenordnungen in der Natur. Köln: Aulis Verlag Deubner 1994
 - [9] Labudde, Peter: Alltagsphysik in Schülerversuchen. Bonn: Dümmler 1989.
 - [10] Prenzel, M., Duit, R., Euler, M. & Lehrke, M.: Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht: Eine Videostudie. Antrag an die DFG im Rahmen des Schwerpunktprogramms BiQua. Kiel: IPN – Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. (1999).

Hinweis: Der komplette Vortrag mit den Beispielen kann als pdf-file heruntergeladen werden unter: <http://www.uni-koblenz.de/~odsleis/braunschweig/index.htm>

Anschrift:

Josef Leisen
Staatliches Studienseminar Gymnasien
Emil-Schüller-Straße 12
56068 Koblenz

leisen@studienseminar-koblenz.de