

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 2

Anregungen für Unterricht und Lehre

ISBN 3 - 7896 - 0100 - 4

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1991

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.
Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.
Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage
www.solstice.de
werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Ein Plädoyer für "themenübergreifendes Lehren und Lernen" im Physikunterricht

1. Einleitung

Ein wesentliches Anliegen der Lehrplanreformen der 60er und 70er Jahre war der "lernzielorientierte" Unterricht. Die strenge Ausrichtung des "Curriculums" auf Lernziele bedeutete aus damaliger Sicht sicher einen Fortschritt. Heute wird aber verstärkt ein berechtigtes Unbehagen an einem Unterricht laut, der den Lehrer so detailliert in die Pflicht nimmt und ihn dazu verführt, ein Lernziel nach dem anderen abzuhaken und den Weg durch den Lehrplan ohne Blick nach rechts oder links - gewissermaßen mit Scheuklappen versehen - zu gehen. Die zur Zeit häufig erhobene Forderung nach fächerübergreifendem und projektorientiertem Unterricht dürfte ein Hinweis auf dieses Unbehagen sein [1].

Sowohl der fächerübergreifende als auch der projektorientierte Unterricht sind bisher wenig im Schulalltag anzutreffen, wobei eine berechtigte Scheu vor Dilettantismus und organisatorischen Schwierigkeiten eine wesentliche Rolle spielen mögen.

Der folgende Beitrag möchte daran erinnern, daß wesentliche Anliegen des fächerübergreifenden und des projektorientierten Unterrichts bereits im Physikunterricht verwirklicht werden können, ohne daß dabei in die Kompetenz anderer Fächer eingegriffen würde oder daß organisatorische Probleme hindern müßten. Wir möchten ein entsprechendes Vorgehen im Physikunterricht als "übergreifendes Lehren und Lernen" bezeichnen. Hierbei handelt es sich gewiß nicht um die Erfindung einer neuen Unterrichtsmethode, sondern um die Rückbesinnung auf Altbekanntes, das vermutlich nur aufgrund der o.g. Gründen in Vergessenheit geraten ist. Die Idee ist, bei der Behandlung des obligatorischen Schulstoffs auch Phänomene, Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten über das gegebene Thema hinaus erkennen zu lassen, ohne sie gleich zu abprüfbarem Schulstoff umzufunktionieren. Am besten läßt sich unser Anliegen, das - über methodisches Wissen hinaus - vom Lehrer auch eine entsprechende Liebe zur Physik voraussetzt, an einem Beispiel erläutern.

Das gewählte Beispiel schließt sich an eine für den Anfangsunterricht besonders geeignete Frage "Wieviel wiegt eine Fliege?" an. Die Frage nach der Masse einer Fliege ist aus mindestens zwei Gründen reizvoll:

- Zunächst findet man kaum einen Schüler, der sich darüber schon einmal Gedanken gemacht hat. Die meisten vermuten, daß die Masse sehr klein sein muß und daß sie mit üblichen Waagen offensichtlich nicht bestimmt werden kann. Oft sind sie sich nicht einmal sicher, ob die Fliege überhaupt etwas wiegt. Das Bestreben, hier eine Entscheidung zu treffen und gegebenenfalls einen Wert zu finden, läßt die Frage sehr schnell zum Anliegen der Schüler werden.

- Der Umstand, daß in der Physiksammlung der Schule ein Meßgerät mit ausreichender Empfindlichkeit fehlt, und die Aussicht, daß durch eigenes Tun ein sonst nur im Handel erhältlichtes teures Meßgerät realisiert werden kann, sind weitere Faktoren der Motivation.

Zur Messung kleiner Massen sind eine Reihe von Realisierungsmöglichkeiten bekannt. Das Verfahren, das die Biegung eines einseitig eingespannten Glasfadens durch eine angehängte Last ausnutzt, ist einfach zu verwirklichen und für unseren Zweck besonders gut geeignet. Eine auf diesem Prinzip beruhende sogenannte Glasfadenwaage kann man mit einfachsten Mitteln selbst herstellen und eichen. Mit ihr lassen sich Massen im mg-Bereich noch mit relativ großer Genauigkeit bestimmen. Von Vorteil ist auch, daß der Ausschlag der Waage zur angehängten Masse proportional ist und daß er, mit Hilfe der Schattenprojektion vergrößert, der ganzen Klasse vorgeführt werden kann. Insgesamt sind folgende Teilschritte nötig:

- Herstellung eines geeigneten Glasfadens
- Aufbau der Schattenprojektion
- Herstellung geeigneter Eichmassen
- Eichen der Meßanordnung
- Bestimmung der Masse einer toten Fliege und weitere Anwendungen.

Anzumerken ist, daß über die Biegung eines Glasfadens zunächst nur die Gewichtskraft und erst durch ein Umeichen die Masse bestimmt wird. Es ist jedoch nicht vorgesehen, in diesem Zusammenhang auf die Problematik Masse - Gewichtskraft einzugehen.

2. Aufbau der Meßanordnung

2.1 Herstellung des Glasfadens

Ein geeigneter Glasfaden läßt sich am einfachsten über das Ziehen einer Glasspitze herstellen. Die Fertigkeit, eine Glasspitze zu ziehen, kann man nach unserer Erfahrung in der Regel nicht voraussetzen. Sie ist aber leicht zu erlernen, und Schüler können aktiv daran beteiligt werden. Es müssen nur einige einfache Grundregeln beachtet werden, die im folgenden kurz beschrieben werden. Ausführliche Angaben zum Glasblasen und zum Umgang mit Glas findet man z.B. in [2] und [3].

Ausgangsmaterial sind dünne Glasröhren mit einem Durchmesser von 5-8mm aus leichtschmelzendem AR-Glas mit einem Erweichungspunkt von ca. 570°C (AR-Ruhrglas F 125; oft in der Chemiesammlung vorrätig, Bezug über den Laborfachhandel). Bei den heute häufiger verwendeten Duran- oder Pyrex-Gläsern liegt der Erweichungspunkt bei ca. 770 °C. Diese Gläser sind im Gegensatz zu den AR-Gläsern nicht so einfach mit einem schulüblichen Bunsen- oder Kartuschenbrenner zu bearbeiten.

Die Rohrlänge sollte etwa 20cm betragen. Rohrstücke dieser Länge werden am besten von einem längeren Rohr abgetrennt. Hierzu ritzt man mit einer Glasfeile (meistens genügt auch die Kante einer normalen Metallfeile) das Rohr an der gewünschten Bruchstelle kräftig an und reißt das kürzere Ende durch Auseinanderzie-

hen mit einer leichten Knickbewegung ab. Hier darf man keine Angst haben und nicht zu zögernd vorgehen. Für erste Versuche kann man das Rohr z.B. in ein Handtuch einwickeln, um die oft unbewußt vorhandene Hemmschwelle beim Glasbrechen abzubauen. Die meistens an den Bruchenden auftretenden, scharfen Kanten beseitigt man durch leichtes Anschmelzen in der Brennerflamme, um Schnittverletzungen vorzubeugen (wichtig bei Schülerübungen).

Zum Ziehen einer Spitze muß die Rohrmitte gleichmäßig erwärmt werden. Hierzu ist eine für das Glasblasen typische Handhabung der Glasröhre nötig, die jeder in der Regel schon unbewußt - z.B. beim Spielen mit einem Bleistift - gelernt hat. Man hält die Enden der Röhre jeweils zwischen Daumen-, Zeige- und Mittelfinger und erzeugt durch ein zwischen den Fingern beider Hände koordiniertes Festhalten, Zurückfassen und Drehen die erforderliche gleichmäßige Bewegung der Röhre um ihre Längsachse. Nach einigen "Trockenübungen" führt man die Mitte der Röhre in den oberen, d.h. heißesten Teil der Brennerflamme und erzeugt die beschriebene Drehbewegung.

Nach kurzer Zeit färbt sich die Flamme leuchtend gelb, und das Glas wird bald darauf weich. Jetzt ist darauf zu achten, daß trotz der nachlassenden Führung beim Drehen die ursprüngliche Drehachse angenähert beibehalten und die Schmelzzone weiterhin gleichmäßig erwärmt wird. Die geeignete Zähigkeit des Glases ist erreicht, wenn im Bereich der Rohrmitte bei langsamer Drehung bereits ein Durchbiegen einsetzt. Durch rascheres Drehen, evtl. bereits außerhalb der Flamme, erfolgt eine erneute Ausrichtung der Röhre. Man zieht nun - außerhalb der Flamme - die beiden Enden relativ schnell, soweit wie die Arme reichen, auseinander. Beim Auseinanderziehen bestimmt die erreichte Geschwindigkeit die Dicke und Länge des Fadens und seine Biegesteifigkeit. Der Durchmesser des Rohrs nimmt im Bereich der Schmelzzone relativ schnell ab und ist dann annähernd konstant. In der Mitte wird das dünne Rohr durchgebrochen, und es ergeben sich zwei in etwa gleichartige Spitzen. Es empfiehlt sich, mehrere Spitzen zu ziehen, da man nicht immer den passenden Erweichungsgrad des Glases und die entsprechende Zuggeschwindigkeit trifft, die zu der für die geplante Anwendung passenden Biegesteifigkeit führt. Für die Bestimmung der Fliegenmasse haben sich Fäden der Länge von 40 - 50cm mit einem Durchmesser von ca. 0.5mm als geeignet erwiesen.

Das dünne Ende der Spitze versieht man noch mit einem kleinen Haken, so daß die Eichmassen oder die Fliege bzw. andere Probmassen immer an die gleiche Stelle des Fadens angehängt werden können. Hierzu hält man das Fadenende in geringem Abstand vor die Flamme. Der dünne Faden erweicht dort sehr schnell, biegt sich nach unten durch und formt dabei den gewünschten Haken. Hält man den Faden allerdings zu dicht vor die Flamme, so kann es leicht zu einem Durchschmelzen kommen.

Das dicke Ende der Spitze wird in eine Klemme so eingespannt, daß der Faden annähernd horizontal verläuft. Durch sein Eigengewicht kommt es bereits zu einem leichten Durchbiegen des Fadens (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Anordnung des Glasfadens bei unterschiedlicher Belastung.

Die Aufnahme wurde durch Mehrfachbelichtung bei Dunkelfeldbeleuchtung erhalten.

Bei den Vorbereitungen zum Ziehen der Spitze und beim Ziehen selbst ist die Beobachtung u.a. folgender physikalischer Phänomene möglich, die für die Schüler von Interesse sind und die neben dem Ziel, genau beobachten zu lernen, auch Fragen zu den Beobachtungen und Diskussionen zur Deutung anregen können. Ferner bietet sich die Möglichkeit übergreifende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Die Glasröhre ist elastisch - bricht aber, wenn sie angeritzt wird.
- Die Flamme färbt sich erst nach einer gewissen Zeit gelb.
- Das Rohr läßt sich noch in relativ kurzem Abstand zur Schmelzzone mit den ungeschützten Fingern anfassen.
- An der Innenwand der Rohrenden schlägt sich Wasserdampf nieder.
- Aus dem Rohr wird nach dem Ziehen wieder ein Rohr mit sehr viel kleinerem, näherungsweise konstantem Durchmesser.
- Taucht man die Spitze in eine gefärbte Flüssigkeit, so steigt diese weit über die Oberfläche der Flüssigkeit in der dünnen Glasröhre auf.
- Der Glasfaden kann Licht leiten.
- Der Glasfaden ist sehr elastisch. Er verhält sich fast wie eine Textilfaser. Man kann ihn allerdings nicht kneten.
- Der Glasfaden läßt sich nicht wie ein Metalldraht im kalten Zustand plastisch verformen. Bei einem zu kleinen Biegeradius bricht er.

2.2 Schattenprojektion

Die Schattenprojektion zeichnet sich dadurch aus, daß sie einfach zu realisieren und zu verstehen ist und aufrechte, vergrößerte Bilder liefert. Der Schattenrand wird dabei umso schärfer, je punktförmiger die Lichtquelle ist. Eine scharfe Abbildung kann einmal durch eine Glühlampe mit kurzem Glühfaden oder durch eine Vergrö-

berung des Abstands zwischen Lampe und Objekt erreicht werden. Gut geeignet sind Halogenlampen (12V/50-100W). Hier genügt bereits ein Abstand von ca. 1m, um einen ausreichend scharfen Schatten zu erhalten. Läßt er sich trotzdem nicht realisieren, so liegt dies meistens daran, daß entweder die Kondensorlinse der Experimentierleuchte oder der Hohlspiegel hinter der Glühlampe (bei manchen Experimentierleuchten vorhanden) nicht entfernt wurden. Bei Glühlampen mit länglichem Glühfaden wird das Schattenbild schärfer, wenn der Glühfaden parallel zum Glasfaden gestellt wird.

Der Schatten wird auf einem geeignet angebrachten Papier mit Karo- oder Millimereinteilung aufgefangen. Als markanten Punkt wählt man z.B. die Hakenspitze aus und markiert ihre Position für die jeweils angehängte Last. Die Schattenprojektion bewirkt eine Vergrößerung V des mit der Absenkung verbundenen Ausschlags. V ergibt sich aus dem Abstand a zwischen Objekt und Lampe und dem Abstand b zwischen Objekt und Schirm ($V=(a+b)/a$). In Klassenräumen kann für $a=1m$ eine vierfache Vergrößerung in der Regel eingestellt werden.

Im Zusammenhang mit dem Aufbau und der Optimierung der Schattenprojektion kann auf folgende Beobachtungen aufmerksam gemacht werden:

- Der durchsichtige Glasfaden wirft einen dunklen Schatten.
- Der Schatten ist bei näherem Hinsehen nicht so scharf, wie man vorher vermutete.
- Der Schatten ist breiter als nach der eingestellten Vergrößerung zu erwarten ist.
- Mit abnehmenden a und konstantem b wird der Schatten immer unschärfer - mit abnehmenden Abstand b und konstantem a nimmt die Vergrößerung ab und der Schatten wird wieder schärfer.

Es ist natürlich ebenso möglich und bei Schülerübungen auch zu empfehlen, die Glasfadenwaage ohne Projektionseinrichtung zu verwenden. Man muß hierzu nur dicht hinter dem Faden einen Maßstab anbringen.

2.3 Eichung der Glasfadenwaage

Zum Eichen der Glasfadenwaage benötigt man geeignete Eichmassen, die ohne die Verwendung einer empfindlichen Waage hergestellt werden sollen und deren Masse in etwa der jeweiligen Fliegenmasse (ca. 10 - 20mg) entsprechen. Bewährt hat sich, von einem längeren Drahtstück kürzere Stücke abzuschneiden und deren Masse über die Proportionalität zwischen Länge und Masse zu berechnen. Wir benutzten normalen Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,25 mm und einer Linien-Dichte von 0,290g/m. Es empfiehlt sich, eine genügend große Ausgangslänge zu wählen, damit die zugehörige Masse mit einer üblichen Waage der Sammlung ausreichend genau bestimmt werden kann. Wir wählten $l=15,0m$ ($m=4,35g$) und stellten uns einige Drahtstücke der Längen $l=20mm$ ($m=5,8mg$), $l=40mm$ ($m=11,6mg$) und $l=60mm$ ($m=17,4mg$) her. Die Länge kann mit etwas Sorgfalt auf ca. $\pm 0,3mm$ genau abgeschnitten werden, d.h. der absolute Fehler beträgt ca. $\pm 0,1mg$. Kürzere Drahtstücke sind nicht zu empfehlen, da hierfür der relative Fehler zu groß wird.

Beide Enden eines Drahtstückes biegt man um, so daß kleine Haken zum Aneinanderhängen der Eichmassen entstehen. Statt der Drahtstücke können auch passend zugeschnittene Papierstreifen, deren Massen man bei bekannter Flächendichte berechnen kann.

Auch im Rahmen der Herstellung der "Eichgewichte" kann eine Vielzahl von Schüleraktivitäten initiiert werden. Als Beispiel sei der Entscheidungsprozeß bei der Auswahl des "optimalen" Draht- oder Papiermaterials und die Auseinandersetzung mit Proportionalitäten genannt. Durch die Erarbeitung von Auswahlkriterien für das jeweilige Material lernt und übt der Schüler, den Einfluß von entgegengesetzten Anforderungen abzuschätzen und zu wichten. Die Anwendung von Proportionalitätsbeziehungen kann er an einem konkreten, nach einer Lösung verlangenden Problem üben, was sonst oft nur an künstlich geschaffenen Beispielen durchgeführt wird.

Das Eichen der Waage wird mit Hilfe der vorher hergestellten Eichmassen durchgeführt. Auf dem Schirm markiert man für die jeweils angehängte Last die Position des Schattens für den ausgewählten Punkt des Glasfadens (z.B. Hakenspitze) und bestimmt - ausgehend vom Nullpunkt - die zugehörige Absenkung in vertikaler Richtung. Der Schatten hat bei der Vergrößerung $V=4$ bereits einen Durchmesser von ca. 5mm. Ein Filzstift liefert zwar weit sichtbare Markierungen, die Absenkung kann jedoch aus diesen Markierungen nur sehr ungenau bestimmt werden. Für genauere Messungen sind daher dünnere Markierungslinien angebracht.

Vor dem Eichen empfiehlt es sich, den Umgang mit der Glasfadenwaage und den Eichmassen zu üben. Hierzu gehören die Auswahl eines Glasfadens mit geeigneter Biegesteifigkeit, die Optimierung der Schattenprojektion, Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit des Nullpunkts, die Überprüfung der Gleichheit der Eichmassen, die Festlegung der gewünschten Vergrößerung und die Untersuchung der Grenzen der Waage. Bei der Festlegung der Grenzen ist zu beachten, daß sich die Hakenspitze auf einem Kreis bewegt, was bei zunehmender Belastung immer deutlicher und störender auffällt. Die Proportionalität zwischen Absenkung und Belastung gilt daher nur für kleine Verbiegungen (siehe z.B. [4]), bei denen der jeweilige Bogen näherungsweise durch die Absenkung beschrieben werden kann. Der Linearitätsbereich läßt sich vergrößern, indem man den Faden schrägstellt und den Nullpunkt bis zum oberen Ende des Linearitätsbereichs verschiebt. Damit verdoppelt sich der für die Messung nutzbare Bereich.

Die Eichwerte sind von der eingestellten Vergrößerung V abhängig. Für unsere Waage erhielten wir für das Verhältnis aus angehängter Masse und zugehöriger Absenkung den Eichfaktor $W=2,4 \text{ mg/cm}$ (für $V=4$). Die Genauigkeit wird im wesentlichen durch Fehler beim Markieren des Schattens bestimmt. Er bewirkt eine absolute Ungenauigkeit für die Absenkung von ca. $\pm 3 \text{ mm}$, was einem absoluten Fehler bei der Massenbestimmung von $\pm 0,8 \text{ mg}$ entspricht. Der Fehler bei der Herstellung der Eichmassen ist daher gegenüber diesem Fehler zu vernachlässigen. Der lineare

Bereich wird unter Ausnutzung der obigen Nullpunktverschiebung auf ca. 60mg ausgedehnt.

Die Glasfadenwaage ist somit auch gut geeignet, das Problem der Meßgenauigkeit exemplarisch zu behandeln.

3. Bestimmung der Masse einer Fliege und weitere Anwendungen

Als größtes Hindernis bei der Bestimmung der Fliegenmasse stellt sich häufig heraus, daß man - vor allem im Winter - keine Fliege findet. Es empfiehlt sich daher, rechtzeitig einen Vorrat von toten Fliegen anzulegen. Zur Vorbereitung der Messung wird die Fliege über einen nicht zu fest angezogenen Knoten an einem dünnen Faden befestigt und an den Haken der Glasfadenwaage gehängt.

Die Masse der von uns untersuchten, "ausgetrockneten" Fliegen (wir verwendeten Stubenfliegen) lag im Bereich von 10 - 20mg und konnte mit der selbstgebauten Glasfadenwaage ausreichend genau (relativer Fehler ca. 7%) bestimmt werden. Die Masse von "frischen" Fliegen liegt - je nach Größe und Wassergehalt - nach unseren Messungen bei etwa 50mg.

Die Möglichkeit, so kleine Massen mit guter Genauigkeit zu bestimmen, kann für Schüler, wie sich zeigte, ein Ansporn zu eigenem Forschen werden. Nach unserer Erfahrung im Unterricht geht es ihnen zunächst um die Entscheidung, ob ein Objekt mehr oder weniger wiegt als die Fliege, oder ob es überhaupt etwas wiegt.

Besonders herausfordernd ist die Frage nach der Masse der Luft. Der von Schülern vorgeschlagene Versuch, einen leichten Plastikbeutel (Fassungsvermögen ca. 1dm^3) zuerst im leeren und dann im aufgeblasenen Zustand zu wiegen, scheint im Rahmen der erreichten Meßgenauigkeit ein negatives Ergebnis zu liefern: Man beobachtet keinen Unterschied. An den Auftrieb hatten die Schüler bei ihrem Vorschlag nicht gedacht, obwohl er zuvor behandelt worden war! Die Erleuchtung kam erst, als der gleiche Versuch mit einem Luftballon durchgeführt wurde. Die durch die Gummihaut komprimierte Luft hat eine größere Dichte und daher auch ein größeres Gewicht als das von ihr verdrängte Luftvolumen außen.

In Perfektion verlief dieser zweite Versuch folgendermaßen: Auf der Gummihaut eines nicht zu prall gefüllten Ballons wurde auf einer Seite ein Streifen Textilklebeband angebracht. Der so präparierte Ballon läßt sich mit einer Nadel anstechen, wobei die Luft langsam ausströmt ohne daß der Ballon platzt. Mit der Glasfadenwaage läßt sich während des Ausströmens die Abnahme der Masse überzeugend demonstrieren.

In einer weiteren Anwendung kann man mit der Glasfadenwaage die Gewichtsabnahme durch Verdampfen nachweisen. Hierzu wird etwas Äther oder Alkohol in eine kleine, leichte Schale (z.B. Fingerhut) gefüllt und an die Waage gehängt. Mit der Zeit beobachtet man ein Zurückgehen des Ausschlags. Hat man die Waage geeicht, so kann man z.B. die Abdampfrate in Abhängigkeit von der Substanz oder der Größe der Oberfläche untersuchen.

4. Schlußbemerkung

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß unter Ausnutzung der Biegung eines Glasfadens sehr empfindliche Waagen mit einfachen Mitteln gebaut und geeicht werden können.

Ferner kann das gewählte Beispiel illustrieren, was wir uns unter übergreifendem Lehren und Lernen vorstellen. Es ist natürlich klar, daß man das übergreifende Lehren und Lernen nicht allein durch ein geeignetes Beispiel erzwingen kann. Es trägt jedoch wesentlich zum Gelingen bei. Zusätzlich muß eine innere Einstellung und Bereitschaft beim Lehrer und bei den Schülern vorhanden sein oder geweckt werden, die man z.B. in einem Forschungslabor dadurch beschreibt, daß man sagt "es muß die Atmosphäre" stimmen.

Dies setzt zur Zeit noch beim Lehrer den Mut voraus, sich über oft zu enge Lehrplanvorgaben hinwegzusetzen bzw. die im Lehrplan vorgesehenen Freiräume auch durchzusetzen. Insgesamt läßt sich das übergreifende Lehren und Lernen sicher mit geringerem Organisationsaufwand verwirklichen und legalisieren, als den projektorientierten oder fächerübergreifenden Unterricht zu institutionalisieren. Wir hoffen, daß hierzu der neue Bayerische Lehrplan [1] entsprechende Impulse liefert.

Hat der Lehrer ein gutes Beispiel im obigen Sinne gefunden und im Unterricht realisiert, so kann er die damit erarbeiteten Chancen letztlich noch dadurch leichtfertig zerstören, indem er zu häufig und oft zu früh die Schüler mit dem bei Physiklehrern beliebten "Warum" konfrontiert. Hier ist eher angebracht, die Schüler zunächst nur zum gezielten Beobachten anzuregen und ihnen genügend Zeit zu lassen, sich an den zusätzlich zum aktuellen Stoff gemachten Beobachtungen und erworbenen Erkenntnissen und Fertigkeiten zu erfreuen. Das wesentliche Anliegen beim übergreifenden Lehren und Lernen ist nach unserer Auffassung, daß zusätzlich zum aktuellen Stoff die Möglichkeit geschaffen wird, Naturvorgänge im Ganzen zu erleben, wobei jedoch nur ein Aspekt als "harter" Schulstoff anzusehen ist, der auch vom Lehrer deutlich als Lernstoff hervorgehoben werden muß. Dem Schüler sollte allerdings auch bewußt werden, daß er manches wieder vergessen darf.

Nach unserer Beobachtung tritt dann allerdings ein zunächst überraschender Effekt auf, immer wenn wir sagten, dies sei nicht Stoff, der abgefragt werden wird, so wurde er gerade gut behalten. Sollte uns dies nicht zu denken geben?

5. Literaturverzeichnis

[1] Lehrplan für das Bayerische Gymnasium, KMBI So.-Nr. 3/1990, S. 277 ff

[2] E. v. Angerer, H. Ebert: "Technische Kunstgriffe", Braunschweig 1966

[3] R. Kauer, "Glasbearbeitung - auch in der Schule?"

CU (Der Chemieunterricht) 3 "Glas und Silicate" (1984) S.51 - 59

[4] R.W. Pohl: Mechanik, Akustik, Wärmelehre. Berlin: Springer Verlag 1959