



Physik als Event: der PhysikClub in Kassel

Eine etwas außergewöhnliche Arbeitsgemeinschaft hat sich in dreieinhalb Jahren zu einer veritablen Forschungseinrichtung für Schüler gemauert.

Von Klaus-Peter Haupt

Als ich Anfang 2002 ein neues Projekt namens »PhysikClub« in unserer Schule vorstellte, erntete ich bei der Zielgruppe zunächst große Heiterkeit. Zusätzlicher Physikunterricht? Freiwillig? Am Freitagnachmittag? Kaum ein Schüler konnte sich vorstellen, dass dieses Angebot überhaupt auf Gegenliebe stoßen würde, schon gar nicht bei ihm selbst; die wenigen Andersdenkenden zogen es vor, ihr Interesse heimlich zu bekunden.

Diese Skepsis hat sich gelegt, nachdem der PhysikClub die Ergebnisse seiner Arbeit öffentlichkeitswirksam präsentieren konnte. Inzwischen floriert der Club. Jeden Freitag treffen sich in der Albert-Schweitzer-Schule bis zu 50 und mehr Schülerinnen und Schüler, davon die Hälfte aus anderen Kasseler und

nordhessischen Schulen, und für die Auswärtigen erweist sich der durch organisatorische Gründe erzwungene Termin sogar als günstig: Da kann man für die »Freitagsvorträge«, die ich seit Langem mit Schule und Astronomieverein organisiere, gleich dableiben, eine Möglichkeit, von der nicht wenige Teilnehmer Gebrauch machen.

Anfangs Chaos – aber nur als Thema

Das Projekt, das zu einem vom Staatlichen Schulamt Kassel initiierten Förderprojekt für besonders begabte und interessierte Schülerinnen und Schüler gehört, ging von Anfang an in seiner Zielrichtung weit über eine übliche Physik-Arbeitsgemeinschaft hinaus. Drei Aspekte standen für mich im Vordergrund: ▶ Ich wollte die schon seit langer Zeit von mir bevorzugte konstruktivistische

Unterrichtsmethode anwenden, in der die Lerner sich ihr Wissen mit einer Vielfalt von Methoden eigenständig konstruieren. ▶ Inhaltlich wollte ich anstelle der Schulphysik Aspekte der aktuellen Forschung in den Vordergrund stellen.

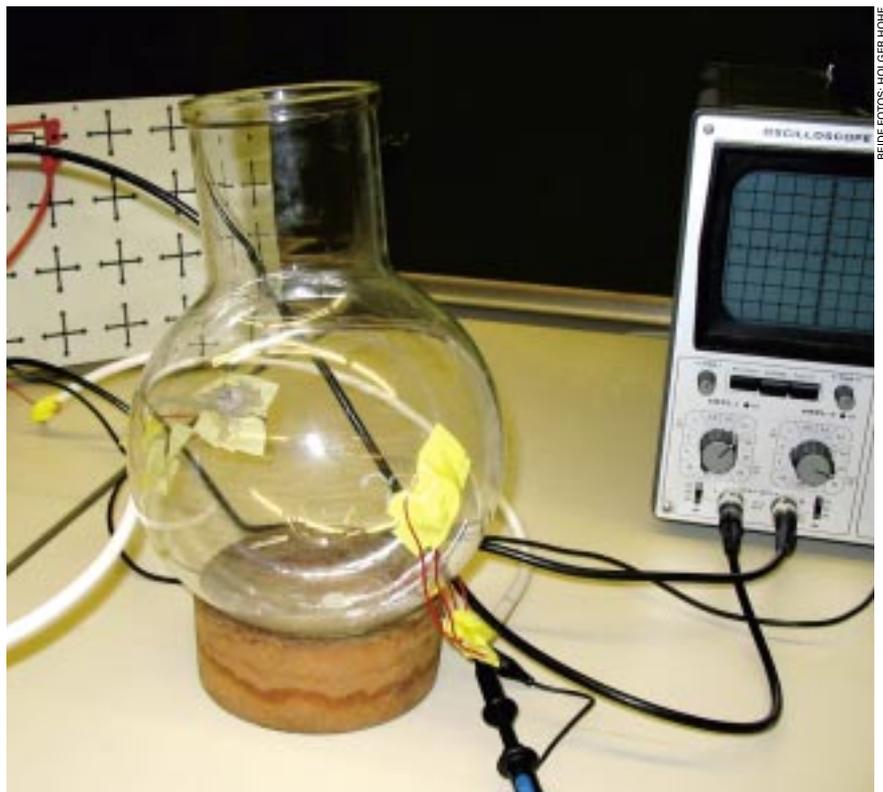
▶ Drittens wollte ich es wagen, mit einer alters- und leistungsmäßig sehr heterogenen Gruppe zu arbeiten. Teilnehmer ab 14 Jahren bis zum Abitur waren willkommen, besondere Begabung oder gute Leistungen waren nicht Voraussetzung; schlichtes Interesse genügte. Zudem brachten die Teilnehmer schon deshalb unterschiedliche Voraussetzungen mit, weil sie von verschiedenen Schulen kamen. Diese in mehrfacher Hinsicht bunte Mischung hat von Anfang an die Arbeit nicht beeinträchtigt oder gar behindert, sondern war Quelle einer großen gegenseitigen Bereicherung.

wis

wissenschaft in die schulen!

Wollen Sie Ihren Schülern einen Anreiz zu intensiver Beschäftigung mit der Wissenschaft geben? »Wissenschaft in die Schulen!« bietet teilnehmenden Klassen einen Klassensatz **»Spektrum der Wissenschaft«** oder **»Sterne und Weltraum«** kostenlos für ein Jahr, dazu didaktisches Material und weitere Anregungen.

www.wissenschaft-schulen.de



BEIDE FOTOS: HOLGER HOHE

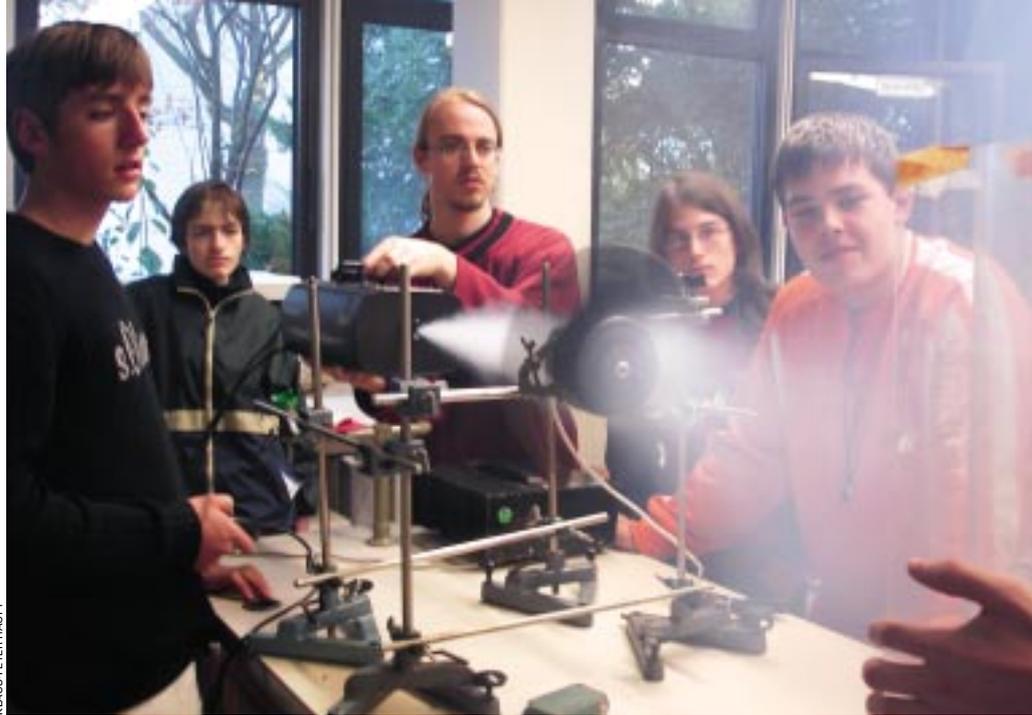
Als Thema des ersten Kurses hatte ich die Chaosphysik gewählt, aus mehreren Gründen: Sie bietet genügend Anknüpfungspunkte an aktuelle Forschung; es gibt schöne Experimente und anspruchsvolle Untersuchungen, die mit Schülermitteln durchführbar sind; und es ist für jede Altersgruppe etwas dabei.

Diesen Kurs habe ich noch mit großer Sorgfalt bis in die Einzelheiten selbst strukturiert: Einführung in das Thema mit den klassischen pädagogischen Mitteln »fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch« und »Lehrerreferat«, dazu ein Film zum Thema. Außerdem erarbeitete ich eine Liste mit zwanzig Projektvorschlägen, die ich schriftlich und mündlich mit zusätzlicher Information anreichte. Aus dieser Liste suchten sich die Teilnehmer acht Projekte heraus, wobei abermals sehr heterogene Gruppen zu Stande kamen. Zu den ausgewählten Teilprojekten gab es noch zusätzliche Literatur zur weiteren Einarbeitung.

Nach dem gängigen pädagogischen Grundverständnis sollen sich die Schüler zwar Gedanken über das machen, was ihnen beigebracht wird, aber nicht unbedingt darüber, wie es ihnen beigebracht wird. Der Lehrer darf »zaubern«, aber es erscheint eher störend, wenn er seine Zaubertricks offen legt. Nach dem konstruktivistischen Modell soll jedoch der Lerner seinen Lernprozess weitgehend selbst gestalten, wozu er Anleitung benötigt. Daher bekamen die Schüler von mir auch Texte zur Lernmethode (»metakognitive Texte«) zu lesen, und zwar geeignet ausgewählte Abschnitte aus Originalveröffentlichungen in Physikdidaktik und Wissenschaftstheorie. Konkret ging es um die Erarbeitung von Wissen aus der Literatur sowie um Organisation und Ablauf von Forschungsprozessen, teils in englischer Sprache.

In den folgenden Monaten beschäftigten sich die Schüler mit ihrem Projekt. Nur an zwei eingestreuten Informationsnachmittagen habe ich – mit klassischen Unterrichtsformen – die Themen

◀ Ein extrem schwieriges, inzwischen gelungenes Experiment zur Sonolumineszenz (links die Vorbesprechung unter Beteiligung des Autors): Luftblasen werden durch Ultraschall zum Kollabieren gebracht. Dabei erhitzen sie sich und geben für kurze Zeit Licht ab.



KLAUS PETER HAUPT

»Dimensionsbegriff und Fraktale« sowie »Rückkopplungsprozesse« behandelt. Viele der Lerner, insbesondere die Hochbegabten, erlebten Rückschläge, lernten Frustrationen zu überwinden, aber auch ihre Ergebnisse im Zusammenhang darzustellen und niederzuschreiben.

Zur öffentlichen Abschlusspräsentation durfte jede Gruppe einen Klassenraum mit Experiment, Posterausstellung und Computerpräsentationen gestalten und den Besuchern ihr Projekt erläutern. Gerade diese Präsentation hat die Arbeit in den Wochen vorher extrem motiviert und strukturiert. Für die Schüler waren die Gespräche mit dem fachkundigen Publikum und die Anerkennung durch die Besucher eine so positive Erfahrung, dass sie unbedingt wieder ein solches Projekt durchführen wollten. Mit ihrem Interesse und ihrer Begabung sind sie ernst genommen worden: Die Besucher nahmen nicht nur den Eifer der »Kinder« wohlwollend-väterlich zur Kenntnis, sondern gewannen Geschmack an der Chaosphysik.

Diese Präsentationen zum Ende jedes Schuljahrs sind fester Bestandteil unserer Arbeit geworden.

Relativitätstheorie – aber richtig

Für das nächste Projekt haben die anfangs 16, später 19 Teilnehmer aus den Jahrgangsstufen 8 bis 12 das Thema des Kurses sowie Aufbau und Vorgehen bereits selbst bestimmt. Elementarteilchenphysik sollte es sein, mitsamt der zugehörigen Quantenmechanik und Relativitätstheorie. Und zwar wollte man die Formeln aus der Relativitätstheorie nicht nur angeschrieben, sondern hergeleitet haben.

▲ Wirbelsturm im Labor: Ein alter Kühlerventilator bläst Luft in ein spiralig aufgewickeltes Rohr (rechts), in dem ein stabiler Tornado entsteht.

Diese Anforderung war dann doch nicht ohne Weiteres mit verfügbarer Literatur zu bewältigen. Arbeitsmaterial vom Deutschen Elektronen-Synchrotron Desy aus Hamburg und Schulexperimente waren hilfreich; aber für die Herleitung der Formeln entwickelte ich in den Herbstferien acht Lernstationen (Texte und Arbeitsanweisungen), an denen die Schüler dann bis zu den Weihnachtsferien arbeiteten.

In den Herbstferien 2002 wanderte der PhysikClub erstmals aus den Räumen der Schule heraus – auf eine Bergütte in den Alpen. Studenten und Doktoranden der Astrophysik veranstalteten Arbeitsgruppen zu Themen aus Astronomie und Physik, von der schlichten Einführung in die Beobachtungen des Sternhimmels über den Bau eines Spektroskops und die Spektralanalyse astronomischer Objekte bis hin zur Gewinnung und Auswertung astronomischer Daten mit modernster Software und zur Visualisierung kosmologischer Modelle. Zu den Jugendlichen aus dem PhysikClub kamen noch erwachsene Amateurastronomen und Physiker aus dem Astronomischen Arbeitskreis Kassel e. V. hinzu: eine sehr heterogene Gruppe, die gleichwohl auch bei der achtstündigen Hochgebirgswanderung im tiefen Neuschnee und dem abschließenden Bastelspiel – wer baut aus vorgegebenem Material ▶



▷ nach festgelegten Regeln den höchsten Turm? – ihren Spaß hatte.

Der Anstoß zu unserem nächsten Projekt kam von der Universität Mainz. Dort hatten die Physikdidaktiker ein überraschend einfaches Gerät zum Nachweis von Myonen entwickelt. Diese Elementarteilchen entstehen durch die kosmische Strahlung in der Hochatmosphäre und sind so kurzlebig, dass sie eigentlich bereits in oberen Luftschichten wieder zerfallen sein müssten. Aber durch relativistische Effekte wegen ihrer hohen Eigengeschwindigkeit vergeht für sie selbst die Zeit so langsam, dass sie bis zum Erdboden kommen.

Das Nachweisgerät besteht aus einer schlichten Thermoskanne (der »Kamio-Kanne«, in Anspielung an den – viel größeren – japanischen Neutrino-detektor Kamiokande) mit Photomultiplier und

Elektronik zur Messwerterfassung; das stellten mir die Physikdidaktiker aus Mainz kostenfrei zur Verfügung, und wir konnten das Experiment innerhalb des PhysikClubs aufbauen und durchführen.

Einige Mitglieder wollten das Experiment über den schlichten Demonstrationversuch hinaus weiterentwickeln, bildeten selbstständig vier Arbeitsgruppen und machten sich ans Werk. Mit Hochspannungsnetzteilen von der Universität Kassel konnten wir das Experiment in mehreren ganztägigen Messzyklen im Mai 2003 durchführen und anschließend öffentlich präsentieren.

Bereits in den darauf folgenden Sommerferien setzten neun Mitglieder des PhysikClubs zusammen mit fünf Physikern des Astronomischen Arbeitskreises Kassel diese Forschungen fort: Sie untersuchten die Absorption der Myonen im Gestein der französischen Alpen. Die Versuchsanordnung mit Netzteilen, schweren Batterien und Oszilloskopen mussten wir eigenhändig vom Tal in einen hoch gelegenen Höhleneingang tragen. Dort haben wir 24 Stunden lang die Intensität der Myonenstrahlung im Vergleich zu einer nicht überdeckten Fläche auf gleicher Höhe gemessen.

Während der Messzyklen gab es aufwändige längere Exkursionen in nicht ausgebaute große Höhlen, teilweise mit Schlauchbooten und kurzen Seilstrecken. Die Überwindung der körperlichen und psychischen Belastungen stärkt nachhaltig das Selbstvertrauen. Die Leitung konnte ich selbst übernehmen, da ich zusammen mit den anderen erwachsenen Mitfahrern lange Erfahrungen im Höhlenklettern besitze. Es gibt aber viele Teams, die solche Exkursionen organisieren und sicher betreuen.

◀ Ein Basslautsprecher mit durchlöcherter Plastikeimer bläst Rauchringe in Serie, die über 20 Meter durch den Raum fliegen (unten), aufeinander prallen und sich durchdringen.

Aus den letzten Projekten ist eine »Jugendforscht«-Arbeit entstanden: Drei Schüler kamen mit »Kosmische Myonen in der Thermoskanne« bis in den Bundeswettbewerb und erhielten einen Sonderpreis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Unter anderem verbesserten sie das ursprüngliche Messverfahren, untersuchten die Richtungsabhängigkeit von Messeinrichtung und ursprünglicher Strahlung und entwickelten ein mathematisches Modell hierfür.

Große Themenvielfalt

Ein Projekt zur Netzwerktheorie bezog zahlreiche Schulfächer ein, darunter auch Englisch, da die gesamte Literatur nur in dieser Sprache zur Verfügung stand (und nicht einfach war). Einige Teilnehmer, die von Anfang an dabei waren, konnten das konstruktivistische Unterrichtsmodell inzwischen noch weiter gehend realisieren, indem sie die typische Lehreraufgabe – Literatur sichten und Projektthemen finden – selbst in die Hand nahmen. Es kamen fünf Arbeitsgruppen zu Stande, von denen drei es zu Preisen (zwei dritte und ein zweiter) im hessischen Landeswettbewerb von »Jugend forscht« brachten. Bei dieser Gelegenheit wurde auch der PhysikClub mit dem Hessischen Schulpreis 2005 der Kultusministerin ausgezeichnet.

Dasselbe Thema erweiterten und vertieften wir in einem sechstägigen Workshop mit besonders begabten Jugendlichen und Erwachsenen in einem Jugendheim auf der schwäbischen Alb. Die Teilnehmer wandten ihre Kenntnisse über chaotische Systeme und Netzwerktheorie mit großem Erfolg zur Übertragung der Prinzipien der biologischen Evolution auf physikalische Systeme an. Natürlich gab es wieder ein kognitiv und kreativ anregendes Bastelspiel und eine Höhlenexkursion.

In der Folgezeit ist der PhysikClub zu einer sehr vielseitigen Institution herangewachsen. Teilweise denken sich die Teilnehmer die Forschungsprojekte selbst aus; die anderen können aus einer bunten Mischung von Vorschlägen von mir auswählen. Am Ende des Schuljahrs 2004/2005 hatten wir eine dreitägige Präsentation auf 600 Quadratmetern Fläche zu bieten, samt Festvortrag und selbst gestaltetem Musikprogramm, das mehr als 1000 Gäste anzog.

Seit August 2004 hat der Club ungefähr 50 Teilnehmer und eine unüber-



BEIDE FOTOS: HOLGER HOHE



schaubare Vielfalt von Projekten. Referendare und ehemalige Teilnehmer helfen mit, das stark angewachsene Programm zu bewältigen. Es gab Sach- und Geldspenden, unter anderem von der Kasseler Sparkasse und der Klaus-Tschira-Stiftung. Der Club hat nun zwei eigene Räume mit Bibliothek und Computern sowie zahlreiche eigene Geräte.

Man trifft sich, bringt mal Kuchen mit, macht auch mal Musik und trotzdem wird intensiv immer an Physik gearbeitet. Viele Freundschaften über die Grenzen einer Schule hinaus sind entstanden. Die Arbeit im Club hat Selbstbewusstsein vermittelt, der tolerierende, helfende Umgang miteinander hat auch Schüler, welche die Schule als problematisch empfanden (oder als problematisch wahrgenommen wurden), zur Integration geführt. Die Funktion des Clubs und der Workshops geht weit über die Beschäftigung mit Physik hinaus.

Viele der Jugendlichen halten inzwischen in ihren eigenen Schulen Vorträge über ihre Projekte. Einige sind Mitarbeiter im Planetarium Kassel geworden und halten dort öffentliche Vorträge.

Zurück in den Regelunterricht

Übrigens: Das von mir vertretene konstruktivistische Unterrichtsmodell ist nicht in erster Linie eine Anleitung für besondere Veranstaltungen wie den PhysikClub oder für die Hochbegabtenförderung. Es ist auch und gerade für den Regelunterricht verwendbar. Dazu habe ich folgende Erfahrungen beizutragen: Konstruktivistischer Unterricht

- ermöglicht nicht nur einen individuellen und vertieften Zugang zum Inhalt, sondern erweitert auch die metakognitiven Kompetenzen;
- wird nur selten praktiziert, da es den Lehrenden schwer fällt, sich auf eigenständiges Vorgehen der Lernenden einzulassen;
- begünstigt eine kooperative Arbeitsdisziplin, Störungen und Arbeitsverweigerungen treten seltener auf;
- fördert nicht nur Hochbegabte, sondern alle Begabungen, insbesondere gibt es sehr positive Rückmeldungen auch von lernschwächeren Schülern;
- ist besonders geeignet, Hochbegabte zu fordern und zu motivieren. Hochbegabte haben nicht immer eine besonders ausgeprägte Anstrengungs- und Leistungsbereitschaft, sondern eher ein Defizit an Lernerfahrung und Arbeitsstrategi-

Das konstruktivistische Unterrichtsmodell

So wie die Realität von unseren Sinnesorganen nicht einfach abgebildet wird, sondern der Organismus sich aus den Sinneswahrnehmungen eine eigene Wirklichkeit konstruiert, so können wir auch Wissen nicht einfach übernehmen, sondern müssen es aktiv konstruieren. Das ist die Kernthese eines konstruktivistischen Lernmodells.

Für die Aneignung von Wissen gilt Ähnliches wie für die einer Wirklichkeit:

- Vorerfahrung und genetische Dispositionen beeinflussen die Konstruktion von Wissen.
- Gefühle spielen eine wichtige Rolle, es findet ständig eine emotionale Bewertung neuen Wissens statt.
- Nur wenn Wissen zur Stärkung und Ausbildung der eigenen Identität beiträgt, wird es in die Konstruktion einbezogen.
- Jede erworbene Wissenskonstruktion ist zunächst subjektiv und muss durch Gespräche und Dispute intersubjektiv gesichert werden.

Im »PhysikClub« greifen wir diese Grundsätze insbesondere wie folgt auf:

- *auf die Person bezogen:* Die Teilnehmer bauen das selbst erworbene Wissen in ihr Vorwissen mit ein, da sie es unmittelbar im eigenen Interesse anwenden. Sie handeln in allen Projektphasen – Planung, Durchführung und Kon-

trolle – in eigener Verantwortung. Durch die öffentliche Präsentation, sowohl vor fachlich vorgebildeten Besuchern als auch vor Laien, trainieren sie den Gebrauch von Fach- und Alltagssprache.

- *inhaltlich:* Alle Projekte behandeln offene, authentische Probleme, haben exemplarische Bedeutung für die Physik und gehen häufig über das Fach hinaus.
- *sozial-kommunikativ:* Lernen im Kollektiv, in kleinen Projektgruppen wie im Plenum, gegenseitige Beratung und Gesprächsforen, teilweise nach den Treffen, bilden den Kernpunkt der Arbeit. Trotzdem bilden individuelle Interessen und Fähigkeiten wichtige Stützpunkte der Arbeit, auch für die Lösung von Problemen anderer Gruppen.

Es gelingt den Teilnehmern, Schwierigkeiten und Verständnisprobleme angstfrei auszudrücken und in gegenseitiger Beratung, manchmal auch mit den Betreuern, zu klären. Die Arbeits- und Forschungsprozesse werden in metakognitiven Gesprächen bewusst gemacht und hinterfragt. Ständiger Wechsel der Methoden, vom eigenverantwortlichen Arbeiten bis hin zum Vortrag, ist die Regel. Der Lehrer dominiert nicht durch einen Wissensvorsprung, sondern ist gleichberechtigter Gesprächspartner und manchmal auch nur ein Lernberater.

en. Sie sollen deswegen nicht nur durch zusätzlichen Unterricht beschäftigt werden, sondern die individuellen Aspekte des Regelunterrichts entdecken und ihre metakognitiven Kompetenzen erweitern. Hochbegabte brauchen aber auch Betätigungsfelder, in denen sie in Gruppen selbstbestimmte, anspruchsvolle Forschungsaufgaben lösen können. Hier können und müssen sie auch ihre Grenzen erfahren und übersteigen. Zumindest in naturwissenschaftlichen Leistungskursen sind nicht die Inhalte zu anspruchlos, sondern der Weg ist zu fremdbestimmt und so intensiv vorbereitet und strukturiert, dass er für die Hochbegabten seinen Reiz verliert.

Die Arbeit des PhysikClubs ist aus den konstruktivistischen Unterrichtserfahrungen des Regelunterrichts entstanden und hat sich rückwirkend auch positiv auf den Regelunterricht für alle Beteiligten ausgewirkt. ◁



Klaus-Peter Haupt, Diplomphysiker, leitet als Studiendirektor die Ausbildung und Fortbildung der Physiklehrer am Studienseminar für Gymnasien in Kassel. Dort unterrichtet er am Gymnasium Albert-Schweitzer-Schule, ist Vorsitzender des Astronomischen Arbeitskreises und Mitarbeiter im Planetarium.

Spezielle Relativitätstheorie. Von Klaus-Peter Haupt. Loseblattsammlung, Unterrichts-Materialien Physik. Stark, Freising 2003

Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Von Peter Labudde. Haupt, Bern 2000
Erfahrungen mit selbstständigem Lernen im Grundkurs Philosophie; Beispiele eigenständigen Lernens im Fach Physik. Beide Beiträge von Klaus-Peter Haupt in: Gymnasium aktuell. Von Klaus Moegling (Hg.). Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2000

Experiments in science and science teaching. Von D. Hodson in: Educational Philosophy and Theory, Bd. 20, Nr. 2, 1988

Die Ideen- und Materialsammlung zum Thema »Chaosphysik« ist auf der Website www.wissenschaft-schulen.de abrufbar.