

Die Merkmale phänomenbasierten Physikunterrichts

Nico Westphal*, Lutz-Helmut Schön*, Johannes Grebe-Ellis[†]

*Humboldt-Universität zu Berlin (Didaktik der Physik)
westphal@physik.hu-berlin.de & schoen@physik.hu-berlin.de

[†]Bergische Universität Wuppertal (Didaktik der Physik)
grebe-ellis@uni-wuppertal.de

Kurzfassung

Obwohl bereits zahlreiche Vorschläge für phänomenbasierten Physikunterricht (PbPU) existieren, gibt es bisher keine Evaluation, die den Unterricht auf seine Wirksamkeit bezüglich der selbst gesetzten Ziele untersuchte. Für ein aktuelles Projekt, welches sich genau dies zur Aufgabe macht, ist es zunächst notwendig, die Merkmale von PbPU zu definieren. Dazu wurden Experten gebeten, Aussagen über PbPU zu bewerten, mit dem Ziel, eine Basis für die Definition zu finden, die auf dem Konsens der Experten beruht. Es werden die Ergebnisse der Umfrage vorgestellt und Schlussfolgerungen gezogen.

1. Einleitung

Unter der Bezeichnung „phänomenologisch“, „phänomenorientiert“ oder auch „erscheinungsorientiert“ gibt es schon seit längerer Zeit eine Vielzahl an Unterrichtsvorschlägen und Lehrgängen für den Physikunterricht. Dies betrifft vor allem den Bereich der Optik, wie z. B. [1], [2] und [3], aber auch in der Mechanik wurden konkrete Unterrichtssequenzen ausgearbeitet und vorgestellt [4], [5]. Mittlerweile sind einige Grundideen der phänomenologischen Optik, wie sie von der AG Schön weiterentwickelt und gefördert wurden, auch im Berliner Rahmenlehrplan berücksichtigt [6]. Zu den Ausarbeitungen für die Schule kommen allgemeinere Betrachtungen, die in ausgewählten Bereichen der Physik aufzeigen, wie tragfähig phänomenologische Konzeptualisierungen auch auf Hochschulniveau und zu anspruchsvolleren Themen sein können, wie z. B. der optischen Polarisation oder der Beugung am Raumgitter [7], [8]. Umfassendere Darstellungen und Überblicke über phänomenologische Entwicklungen im Umfeld der Physik und Physikdidaktik geben z. B. [7], [9] und insbesondere [10].

Manche Autoren fordern ein verstärkt phänomenbasiertes Vorgehen im Physikunterricht aus motivations- und entwicklungspsychologischen Gründen [1], [11]. Andere stellen eher wissenschaftsphilosophische Motive in den Vordergrund, die auf einen adäquaten Kompetenzerwerb im Bereich „Erkenntnisgewinnung“ abzielen [12], [7]. Neben eigenen Erfahrungen der Autoren gibt es ferner positive Rückmeldungen aus der Praxis von Lehrern aus dem näheren Umfeld der Arbeitsgruppe, die vermuten lassen, dass phänomenbasierter Unterricht in Hinblick auf die genannten Beweggründe erfolgversprechend ist.

Demgegenüber ist wiederholt die Frage nach einer genaueren Untersuchung der Praxis und Wirksamkeit phänomenologischer Unterrichtsansätze gestellt worden. Hier scheint ein Forschungsdesiderat zu liegen, dem bisher nur sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde [10]. So gibt es bis dato keine empirische Evaluation von phänomenbasiertem Physikunterricht (PbPU), die den Einfluss auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler bzw. auf das Lernen untersucht.

Einen ersten Schritt in diese Richtung zu unternehmen ist das Ziel eines vom BMBF geförderten Projekts mit dem Titel „Ändern Phänomene das Interesse? Analyse der Konnotationen der Physik bei Schülerinnen und Schülern als Folge phänomenbasierten Unterrichts“. Ziel dieses Projekts ist, u. a. den Einfluss von PbPU auf das Image von Physik und damit indirekt auch auf das Interesse zu prüfen.

Zur Vorbereitung der Untersuchung wurde eine Expertenumfrage zu Merkmalen von PbPU durchgeführt, die für die genannte Studie verwendet werden soll. Im Folgenden werden die Überlegungen, die zu dieser Umfrage geführt haben und die Ergebnisse derselben vorgestellt.

2. Der Grundgedanke für die Identifizierung der Merkmale

Um Kriterien für eine eindeutige Beschreibung und Identifikation von PbPU zu entwickeln, wird im ersten Schritt eine formale Definition von PbPU angestrebt. Zu diesem Zweck wird im Folgenden anstelle der oben genannten, oftmals in verschiedenen Kontexten mit nicht klar abgegrenzten Bedeutungen verwendeten Begriffe der Begriff „phänomenbasiert“ benutzt [13]. In Hinblick auf die empirische Untersuchung werden an die Merkmale des Unterrichts folgende Bedingungen gestellt:

- a) **Die Merkmale müssen möglichst allgemein, aber konkret und klar sein.** Dies ist nicht unbedingt ein Widerspruch! Es sollte anhand der Merkmale möglich sein, Laien (z. B. Studierenden des Lehramts) zu erklären, was PbPU bedeutet und wie man ihn selbst durchführt (Klarheit). Dies bedeutet insbesondere, dass diese Merkmale auch methodischer Natur (Konkretheit) und nicht zu sehr an bestimmte Inhalte gebunden sind (Allgemeinheit).
- b) **Die Definition muss die Planung von Unterricht ermöglichen.** Für die Durchführung einer Studie, in der die Wirksamkeit von PbPU untersucht wird, ist es notwendig, normativ gesetzte Merkmale als Grundlage für die Entwicklung des Treatments zu verwenden.
- c) **Die Definition muss eine Kontrolle ermöglichen.** Es sollte anhand der Merkmale zumindest theoretisch prüfbar sein, ob PbPU in der Versuchsgruppe stattgefunden hat. Das könnte z. B. durch Checklisten oder Hospitationsprotokolle stattfinden.

Unter den Experten, die phänomenbasierten Unterricht entwickelten und vertraten, gibt es jedoch nicht nur Unterschiede im Vokabular. Die Einflüsse verschiedener „Schulen“ spiegeln sich in unterschiedlichen Akzentuierungen wider, die zunächst vermuten lassen, dass die jeweiligen Autoren voneinander abweichende Zielsetzungen haben. Tatsächlich überwiegen aber die Gemeinsamkeiten, so dass der Konsens der Experten beispielsweise über den Umgang mit Modellen oder die Rolle der subjektiven Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler hinausgeht. Für eine sinnvolle Definition von PbPU wird also eine weitere Bedingung gestellt:

- d) **Die Merkmale sollten auf einer möglichst großen Anzahl an Gemeinsamkeiten unter den Experten basieren.**

Damit möglichst viele Merkmale, die zur Charakterisierung von PbPU infrage kommen, gefunden werden konnten, wurde zunächst eine offene Umfragerunde unter zehn Experten gestartet. Die Umfrage war in Form eines Hospitationsprotokolls und die Teilnehmer wurden gebeten, sich vorzustellen sie säßen in einem ihrer Meinung nach mustergültigen phänomenbasierten Unterricht und protokollieren diesen. Durch die offene Form, bei der keine Unterrichtsinhalte, Schulformen, Unterrichtsformen, Klassenstärken usw. vorgegeben waren, sollte eine große Vielfalt in Betracht genommen werden können, die im Kreise der Arbeitsgruppe der Autoren nur schwer zu erreichen gewesen wäre. Vereinfacht gesagt, es sollte kein mögliches Merkmal (methodisch, inhaltlich oder organisatorisch) „vergessen“ werden.

Ein zu geringer Rücklauf machte es jedoch notwendig, eine zusätzliche explorative Literaturrecherche durchzuführen. Diese geschah unter dem Blickwinkel, die Veröffentlichungen der Experten den phänomenbasierten Unterricht betreffend nach charakte-

ristischen Eigenschaften desselben zu durchsuchen. Die Ergebnisse aus der Auswertung der Protokolle und der Exploration wurden zu Aussagen über PbPU formuliert und geordnet, sodass die Aussagen vier Kategorien zugeordnet werden konnten: (i) Die Rolle der sensuellen Wahrnehmung, mit Aussagen wie z. B. „*Im PbPU wird versucht, subjektive Wahrnehmung durch objektive Untersuchungen zu bestätigen*“, (ii) das offene, explorative Vorgehen, z. B. „*Im PbPU dienen die Versuche der Überprüfung von theoretischen Vorhersagen*“ und (iii) die wissenschaftsphilosophische Reflexion, wie z. B. „*Im PbPU werden keine Hypothesen über nicht beobachtbare Entitäten formuliert*“. Hinzu kommen Aussagen über die Rolle des Verstehens im PbPU, den Zeitaufwand bestimmter Tätigkeiten und die Abgrenzung bzw. Einbettung. Damit sind Aussagen darüber gemeint, inwieweit PbPU als Ergänzung zu dem gesamten Physikunterricht verstanden wird, gleichberechtigt neben modellbasierten, reduktionistischen Phasen, oder ob PbPU als vollständig angesehen werden kann, der auch reduktionistische Phasen enthält.

In einer Onlinebefragung sollten diese Aussagen mithilfe von Ratingskalen bewertet werden. Die Gruppe der angeschriebenen Experten wurde dafür auf $N = 25$ erweitert und umfasste neben den *Vertretern* (Experten, die PbPU selbst entwickelt, publiziert und vertreten haben) auch *Lehrer* und *Externe*. Die Gruppe der Lehrer stammt aus dem Umfeld der AG Didaktik der Physik der HU-Berlin. Deren Mitglieder kennen PbPU durch Mitarbeit im UniLab Adlershof, durch aktive Teilnahme an Projekten wie SINUS oder PiKo und Lehrerfortbildungen. Wesentliche Leitideen von PbPU, wenn nicht sogar komplette Unterrichtssequenzen werden von ihnen bereits seit vielen Jahren in der Schule berücksichtigt. Die *Externen* sind eine Gruppe von Didaktikern, von denen die Autoren glauben, dass sie PbPU sehr gut kennen. Ihr Wissen darüber baut auf dem wissenschaftlichen Austausch und Diskussionen auf Tagungen, Kolloquien u. Ä. auf. Sie unterscheiden sich insofern von den *Vertretern*, als dass sie nicht zwingend PbPU in allen Facetten befürworten oder ihn gar ablehnen. Dennoch werden sie so eingeschätzt, dass sie anhand der Aussagen PbPU charakterisieren können.

Der Grundgedanke zur Identifizierung und Festlegung der Merkmale PbPUs bestand also darin, außenstehende, d. h. nicht an der Studie beteiligte Experten zu beteiligen. Zum einen sollte dadurch eine möglichst große Vielfalt an möglichen Merkmalen erreicht werden. Zum anderen erhält man durch die Bewertung der Aussagen durch die Experten auch eine Grundlage für die Festlegung der Merkmale, die auf einem Konsens in der wissenschaftlichen Community basiert. Die Ergebnisse der Evaluation sind somit für eine größere Gruppe verwertbar, weil die Akzeptanz und Identifizierung mit dem evaluierten Unterricht eher gegeben ist, als bei einer norma-

tiven Setzung der Merkmale PbPUs durch die Arbeitsgruppe der Autoren.

3. Ergebnisse der Online-Befragung

3.1. Methodische Anmerkungen

Für eine Expertenumfrage entfällt das große methodische Problem der Stichprobenziehung bei internetgestützten Befragungen (vgl. [14]). Daher wurde für die zweite (geschlossene) Umfragerunde diese Form gewählt, die eine schnelle Verteilung per E-Mail (in Deutschland und Skandinavien) und computergestützte Datenaufnahme ermöglicht. Mithilfe der kostenlosen Software QSYS [15] wurden der Fragebogen erstellt und die Daten verwaltet. Die angeschriebenen Teilnehmer erhielten einen Link, mit dem sie direkt zur Umfragemaske gelangten. Ein weiteres Passwort wurde nicht vergeben. Das mehrfache Ausfüllen durch denselben Teilnehmer konnte durch Kontrolle der IP-Adressen zumindest teilweise ausgeschlossen werden. Für die drei Teilgruppen (*Vertreter, Lehrer, Externe*) wurden separate Umfragen gestartet, was es ermöglichte, im Nachhinein eine zusätzliche Variable der Gruppenzugehörigkeit zu ergänzen. Die Rücklaufquote betrug 60 %, sodass insgesamt 15 Fälle ausgewertet werden konnten.

Die meisten Items waren als Aussagen formuliert, die mithilfe eines Schiebereglers mit den Polen „stimme nicht zu“ / „stimme zu“ beantwortet werden konnten. Der Schieberegler erlaubte 20 verschiedene Positionen, die nicht von vornherein kenntlich gemacht waren (quasikontinuierlich).

Die so formulierten Items wurden mit Boxplots ausgewertet. Als innerhalb der Experten kongruente Antworten wurden die Aussagen gewertet, bei denen mindestens 75 % der Teilnehmer mit ihrer Einschätzung rechts oder links der neutralen Mitte lagen. In **Abb. 1** sind die Boxplots aufsteigend nach der Statistik sortiert. Die inkongruenten Antworten erkennt man nach diesem Kriterium daran, dass die Box die Mittellinie schneidet. Für die kongruenten Antworten gilt außerdem, dass deren Median nicht näher an der Mitte liegt, als am Pol.

3.2. Die Rolle der sensuellen Wahrnehmung

Die Items dieser Kategorie enthielten Aussagen darüber, inwieweit die Erlebnisse, Perspektiven und Wahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler für die Untersuchung physikalischer Gesetzmäßigkeiten im PbPU berücksichtigt werden.

Bei einer Auswertung über alle Experten bleibt nur eine von insgesamt elf Aussagen unentscheidbar: „Im PbPU wird den eigenen [Anm.: denen der Schülerinnen und Schüler] Sinnen ausschließlich vertraut“. Uneingeschränkte Zustimmung erhalten die Aussagen, dass den eigenen Beobachtungen und Erlebnissen Bedeutung beigemessen und das Vertrauen in die eigene Beobachtungsfähigkeit gefördert wird. Außerdem wird dem zugestimmt, dass im PbPU mit dem Vertrauen der Schülerinnen und Schüler auf ihre Sinne gerechnet wird. Dieses Ver-

trauen kann also als Voraussetzung für ein Gelingen der phänomenbasierten Vorgehensweise angesehen werden.

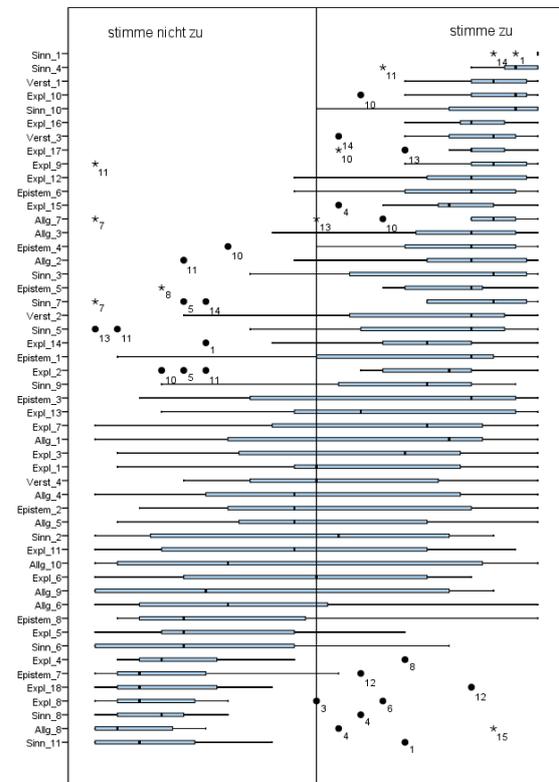


Abb. 1: Sortierter Boxplot der bewerteten Aussagen.

Ferner sind sich die Experten zustimmend über die angestrebte Vermittlung zwischen der Alltagswelt der Schüler und dem Physikunterricht einig. Starke Kongruenz liegt auch in der Ablehnung der Aussagen vor, dass im PbPU versucht wird, die Beobachtungen möglichst unabhängig vom wahrnehmenden Subjekt zu untersuchen und die physikalischen Gesetzmäßigkeiten unabhängig der sinnlichen Erfahrbarkeit thematisiert werden. Die Ablehnung dieser Behauptungen ist konsistent zu den Zustimmungen der Äußerungen oben.

Im Unterschied dazu wird die objektive Untersuchung an sich und die Bestätigung der subjektiven Wahrnehmung durch diese sehr wohl als Bestandteil phänomenbasierten Unterrichts gesehen, auch wenn dies bei einer Auswertung allein unter den *Externen* aufgrund der sehr großen Streuung nicht entscheidbar wäre.

Die Frage nach der Rolle der sensuellen Wahrnehmung im PbPU könnte auch grundlegender auf einer Metaebene gestellt werden und würde so in einer Realismusdebatte münden. Eine eindeutige Positionierung auf dieser Ebene ist vor dem Hintergrund der Evaluation nicht notwendig. Dennoch sei hier erwähnt, dass der Behauptung „Im PbPU wird von einer Realität unabhängig von der Wahrnehmung

oder einem Wahrnehmenden ausgegangen (Realismus)“ nicht zugestimmt wurde.

3.3. Das offene, explorative Vorgehen

Zu der zweiten Kategorie gehörten insgesamt 18 Items, welche die Art des Experimentierens bzw. der Erkenntnisgewinnung betrafen. Bei den Aussagen, denen überwiegend zugestimmt oder überwiegend nicht zugestimmt wurde, ist der Grad an Kongruenz höher als in der ersten Kategorie. Größtenteils schneiden hier weder Box noch Whisker die Mittellinie. Lediglich einige Ausreißer zeigen eine konträre Antworttendenz.

Die Experten stimmen überein, dass im PbPU überwiegend explorativ experimentiert wird. Die Erscheinungen werden systematisch beschrieben, ohne sie zugleich zu deuten, z. B. im Sinne eines Modells. Weiterhin werden Bedingungen für das Auftreten der Erscheinungen gesucht und dann als empirische Regeln in Form von Konditionalsätzen formuliert. Die Komplexität der Phänomene wird nicht reduziert, eher werden weitere Phänomene mit ähnlichen Wenn-Dann-Beziehungen gesucht, geordnet und ggf. zu ganzen Phänomenkreisen verbunden. Auf der Grundlage der Gemeinsamkeiten verschiedener Phänomene werden schließlich allgemeinere empirische Regeln bzw. Prinzipien formuliert.

Ist die Übereinstimmung der Experten bei der Behauptung „Im PbPU werden Bedingungen für Erscheinungen gesucht“ sehr hoch, so ist die Bewertung der Aussage, dass Gründe für Erscheinungen gesucht werden nahezu normal verteilt (siehe **Abb. 2**).

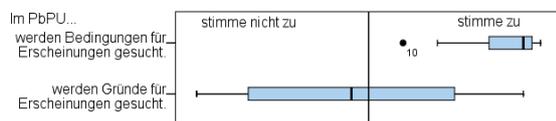


Abb. 2: Boxplot der beiden Items über alle Gruppen ausgewertet.

Wertet man dies allerdings für die verschiedenen Gruppen getrennt aus, ergibt sich eine divergente Bewertung der Äußerung (**Abb. 3**). Solche offensichtlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen könnten auf ein Problem der eindeutigen Kommunikation zwischen *Vertretern* und Scientific Community zurückzuführen sein (vgl. Kapitel 2). Hinzu kommen signifikante negative Korrelationen (Kendall-Tau) mit „Im PbPU werden keine Modelle als Erklärung von Phänomenen, Effekten oder Erscheinungen benutzt“ ($\tau = -.44, p < .05$) und „PbPU sucht widerspruchsfreie Beschreibungen“ ($\tau = -.65, p < .01$). Die Auswertung und endgültige Festlegung der Merkmale sollte daher in diesen Fällen gesondert vorgenommen werden.

Die Aufgabe der Versuche im PbPU wird von den Experten nicht hauptsächlich darin gesehen, die sogenannte naturwissenschaftliche Methode widerzuspiegeln. Sie stimmten den Aussagen nicht zu, dass im PbPU überwiegend Hypothesen überprüfend

experimentiert wird oder die Versuche der Überprüfung theoretischer Vorhersagen dienen.

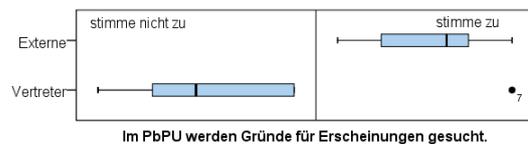


Abb. 3: Auswertung getrennt nach Gruppenzugehörigkeit.

3.4. Die wissenschaftsphilosophische Reflexion

In acht Items wurden Aussagen zum Umgang mit Modellen, zur Erkenntnisgewinnung und zu hypothetischen Entitäten formuliert. Zunächst sei erwähnt, dass der Aussage „Im PbPU werden keine Modelle benutzt“ über alle Gruppen hinweg weder eindeutig zu- noch nicht zugestimmt wurde. Als modellfrei kann phänomenbasierter Unterricht demnach nicht bezeichnet werden! Die Experten sind sich einig, dass der Umgang mit Modellen stets bewusst und nicht unreflektiert geschieht. Demnach wird ebenfalls nach Meinung der Teilnehmer eine distanzierte Sicht auf Modelle ermöglicht und die Modellkompetenz gefördert.

Nach den oben genannten Kriterien für eine Kongruenz würde hier der Behauptung „Im PbPU werden keine Hypothesen über nicht beobachtbare Entitäten formuliert“ zugestimmt werden. Es tritt jedoch bei einer nach Gruppen getrennten Auswertung eine ähnliche Divergenz wie in Abschnitt 3.3 auf. Die Vertreter stimmen der Aussage eindeutig zu, während die Externen sie eher als nicht für PbPU charakteristisch einschätzen. Das Gleiche gilt für die Äußerung „Im PbPU werden keine Modelle als Erklärung von Phänomenen, Effekten oder Erscheinungen benutzt“ (siehe auch die Korrelationen in Abschnitt 3.3).

3.5. Weitere Aussagen

Obwohl sich der phänomenbasierte Physikunterricht nach Meinung der Experten besonders für einen motivierenden Anfangsunterricht eignet, ist sein Einsatz ihrer Bewertung zufolge nicht darauf beschränkt. Durch ihn wird eine vertikale Vernetzung ermöglicht und die Anschlussfähigkeit des Wissens an andere Unterrichtsinhalte hergestellt. Das Wissen wird dabei von den Schülerinnen und Schülern aus selbst gemachten Beobachtungen und selbst erfahrenem Erleben entwickelt. Es handelt sich so also um Gewissheiten seitens der Schülerinnen und Schüler und nicht um beigebrachtes Wissen.

Die Frage, inwieweit PbPU als vollständig angesehen werden kann, (vgl. Abschnitt 2) lässt sich durch die Bewertungen der entsprechenden Items („PbPU beinhaltet reduktionistische / theoriegeleitete / Hypothesen überprüfende Phasen des Unterrichts“) nicht beantworten. Ihre Spannweite umfasst den gesamten möglichen Bereich. Auffällig sind jedoch die signifikanten Korrelationen zwischen diesen Items von $\tau = .43, p < .05$ bis $\tau = .53, p < .01$. Für die Evaluation von PbPU ist es jedoch zunächst

nicht von Bedeutung, ob er grundsätzlich reduktionistische, theoriegeleitete und Hypothese überprüfende Phasen beinhaltet oder nicht. Ohne Zweifel sollten solche Phasen im Physikunterricht stattfinden! Sind sie Bestandteil von PbPU, geht es um den angemessenen Anteil an ihm, im Sinne von modernem Physikunterricht. Anderenfalls geht es um ein sinnvolles Verhältnis von modellbasiertem zu phänomenbasiertem Vorgehen.

3.6. Zeitliche Aspekte

Die Teilnehmer wurden gebeten, per Schieberegler qualitativ anzugeben, ob bestimmten Tätigkeiten im PbPU viel oder wenig Zeit eingeräumt wird (siehe **Abb. 4**).

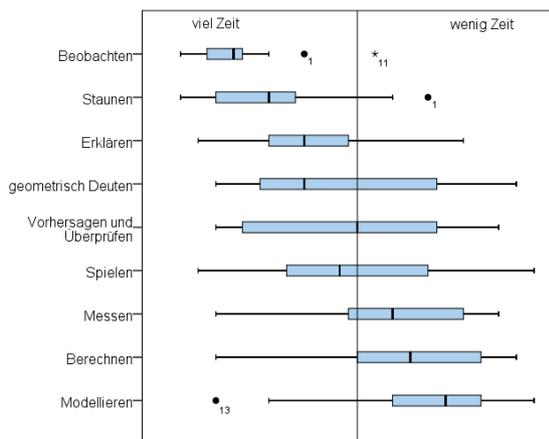


Abb. 4: Zeitaufwand bestimmter Tätigkeiten.

Hier wurden „Beobachten“, „Staunen“ und „Erklären“ die meiste Zeit und „Messen“, „Berechnen“ und „Modellieren“ die wenigste Zeit zugestanden. Der prozentuale Anteil von Versuchen / Experimenten an der gesamten Unterrichtszeit wird im Mittel auf 47 % (SD = 17 %) geschätzt.

Der zeitliche Aufwand der einzelnen Tätigkeiten deckt sich mit ihrer Bedeutsamkeit. Die Experten sollten die ihrer Meinung nach drei wichtigsten Betätigungen im PbPU auswählen. Die meistgenannten Tätigkeiten sind ebenfalls „Beobachten“, „Staunen“ und „Erklären“ (siehe **Abb. 5**).

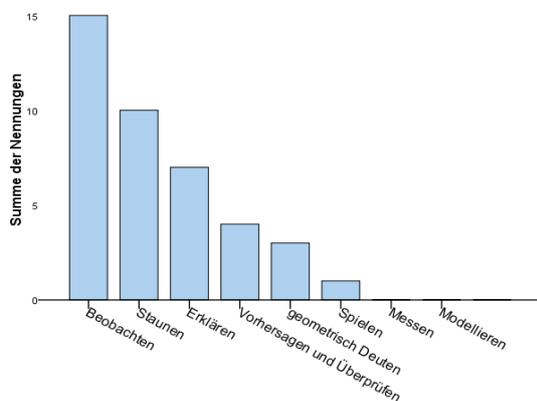


Abb. 5: Nennungen der drei wichtigsten Betätigungen im PbPU.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Mehrzahl der *Vertreter* der Auffassung ist, PbPU erfordere eine besondere Unterrichtsform (z. B. epochalen Unterricht, Projektunterricht oder Freiarbeit), während die Gruppen der *Lehrer* und *Externen* dieser Behauptung ganz klar nicht zustimmen.

4. Schlussfolgerungen

Es sei noch einmal erwähnt, dass die zu bewertenden Aussagen entweder aus der ersten offenen Umfrage unter Experten (*Vertreter*) abgeleitet wurden oder aus Veröffentlichungen derselben zum phänomenbasierten Unterricht stammen. Bei der Auswertung gab es daher keine großen Überraschungen. Aber bei der Festlegung der Merkmale ist eine große Zustimmung der Experten eine solide, belastbare Grundlage.

Die Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler ist im PbPU der Ausgangspunkt für die meisten weitergehenden Untersuchungen. Die selbst gemachten Beobachtungen und Erfahrungen vermitteln zwischen der Alltagswelt, in der die Schülerinnen und Schüler leben und der Physikwelt, die sie nur aus dem Fachraum oder den Medien kennen. Im besten Fall wird zu der Einsicht der Schülerinnen und Schüler beigetragen, dass die Physikwelt eben gerade die reale Alltagswelt als Untersuchungsgegenstand hat. Dazu ist es notwendig, die genaue Beobachtungsfähigkeit zu fördern und die Wirkung physikalischer Gesetzmäßigkeiten möglichst erfahrbar zu machen, indem z. B. der Experimentator in den Versuch eingebunden wird. Das bedeutet trotzdem, dass versucht wird, die Wahrnehmung und Beobachtungen auch intersubjektiv und objektiv zu untersuchen. Es soll nur nicht von vornherein unabhängig vom wahrnehmenden Subjekt geschehen.

Der Prozess der Erkenntnisgewinnung verläuft im phänomenbasierten Physikunterricht überwiegend explorativ. Ausgehend von der genauen Beobachtung und Beschreibung werden die Phänomene variiert und ausgeweitet, bis empirische Regeln oder gar Prinzipien erkannt werden. Die Phänomene selber dienen somit nicht nur als Beispiele für zuvor erlerntes physikalisches Wissen, sondern sind die Gegenstände, anhand deren Einsichten und Erkenntnisse gewonnen werden. Vielmehr sind die Modelle Beispiele dafür, wie man das Beobachtete besonders elegant und gewinnbringend beschreiben kann. Mit dem Wellenformalismus kann man etwa Polarisationserscheinungen oder Interferenz besonders gut beschreiben. Mit einem Random-Walk lässt sich besonders elegant die Brownsche Molekularbewegung modellieren. „Erklären“ kann man die Erscheinungen damit jedoch nicht. Aber auch die Begründung der mikroskopisch sichtbaren zitternden Teilchen mithilfe von nicht sichtbaren kleinen Wechselwirkungspartnern ist nur eine „Erklärung“ auf Modellebene. Die in 3.3 betrachtete Frage, inwieweit im PbPU Gründe für Erscheinungen gesucht werden, ist also abhängig davon, ob man ein Modell als Erklärung heranziehen möchte (vgl. die Korrela-

tionen in 3.3). Aus Sicht der Autoren und der Gruppe der *Vertreter* werden im PbPU auf Hypothesen über nicht beobachtbare Entitäten und Erklärungen durch Modelle eher verzichtet. In jedem Fall wird durch eine solche bewusste und reflektierende Handhabung die Kompetenz der Schülerinnen und Schüler im Umgang mit Modellen gefördert. Wichtiger als die Erklärung einer Erscheinung durch die Ableitung aus einer Theorie ist die Gewissheit, die sich aus selbst gemachter Beobachtung und selbst erfahrenem Erleben entwickelt, und das Verstehen durch Zurückführung auf allgemeine Prinzipien.

Die hier zusammengetragenen Ergebnisse der Umfrage enthalten Aussagen über die Art der Einbindung der Schüler (Sozialform), die Rolle des Experiments, die Art der Erkenntnisgewinnung und des Experimentierens, den Umgang mit Modellen und den zeitlichen Aufwand bestimmter Tätigkeiten. Dies ermöglicht bereits die Planung von phänomenbasiertem Physikunterricht. Noch ausstehend ist eine operationalisierte Form der Definition von PbPU, die auch eine Kontrolle ermöglicht (vgl. Abschnitt 2c). Dies könnte z. B. eine Form von Artikulationschema sein. Ferner ist es noch notwendig, die Merkmale methodisch klarer und konkreter zu formulieren, um auch der Forderung in Abschnitt 2a) gerecht zu werden.

5. Ausblick

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist das Wecken von Interesse ein Ziel des phänomenbasierten Physikunterrichts. Es ist auch plausibel, dass mit der Vermittlung zwischen Alltagswelt und Physikwelt eine stärkere Identifizierung mit dem Unterrichtsfach einhergehend ist und diese dann möglicherweise motivierend wirken kann. Zumindest behindert ein positives Fachimage nicht das Entstehen von Interesse, wie es bei einem negativen Image aufgrund der Übertragung der Stereotypisierung auf die Anhänger des Faches der Fall wäre [16]. Kessels et al. stellten in dieser Studie fest, dass es mithilfe von impliziten Verfahren (IAT, vgl. [17]) aus der Persönlichkeitspsychologie möglich ist, das Image eines Faches zu messen. Außerdem konnten sie dieses nach kurzen gezielten Interventionen beeinflussen. Im Zuge der Evaluation soll mithilfe eines ST-IATs [18] der Einfluss von PbPU auf das Fachimage untersucht werden. Als Ergänzung sollen auch explizite Methoden, wie semantische Differentiale und Fragebögen zum Einsatz kommen, um ebenfalls die Konnotationen der Physik, das Interesse und Fachwissen zu erheben.

Dieses Projekt wird unterstützt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (Rahmenprogramm zur Förderung der empirischen Bildungsforschung).

6. Literatur

- [1] Schön, Lutz (1994): Ein Blick in den Spiegel – Von der Wahrnehmung zur Physik. In: *Physik in der Schule* 32 (1994), 1, S. 2-5.
- [2] Erb, Roger; Schön, Lutz (1996): Vom Sehen zur Optik – Ein Curriculum für die Mittelstufe. In: *Praxis der Naturwissenschaften-Physik* 45 (1996), 8, S. 31-36.
- [3] Sommer, Wilfried (2005): Zur phänomenologischen Beschreibung der Beugung im Konzept optischer Wege. In: Schön & Grebe-Ellis (Hrsg.), *Phänomenologie in der Naturwissenschaft*, Bd. 2, Logos Verlag.
- [4] Schön, Lutz (1995): Wir bauen eine Brücke. In: *NiU - Physik* 6 (1995), 29, S. 28-38.
- [5] Theilmann, Florian (2006): Expedition in die Mechanik. Edition Waldorf
- [6] Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin (2006): Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe I – Physik. Oktoberdruck AG.
- [7] Grebe-Ellis, Johannes (2005): Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisierung. In: Schön & Grebe-Ellis (Hrsg.), *Phänomenologie in der Naturwissenschaft*, Bd. 3, Logos Verlag.
- [8] Grebe-Ellis, Johannes; Sommer, Wilfried; Schön, Lutz-Helmut (2008): Anwendungen des Spiegelraumkonzepts am Beispiel von optischer Rückkopplungssperre und Beugung am Raumgitter. In: Grötzebauch & Nordmeier (Hrsg.) *Didaktik der Physik – Berlin* (2008), Berlin: Lehmanns Media.
- [9] Böhme, Gernot; Schiemann, Gregor (1997): *Phänomenologie der Natur*. Suhrkamp.
- [10] Østergaard, Edvin; Dahlin, Bo; Hugo, Aksel (2008): Doing phenomenology in science education: a research review. In: *Studies in Science Education* 2 (2008), 44, S. 93-121.
- [11] Theilmann, Florian (2006): Ein anderer Blick auf die prismatischen Farben. In: Grötzebauch & Nordmeier (Hrsg.) *Didaktik der Physik – Kassel* (2006), Berlin: Lehmanns Media.
- [12] Müller, Marc (2010): Von der Grammatik der Sprache zur Grammatik der Natur. In: Nemeth, Heinrich & Pichler (Hrsg.) *Bild und Bildlichkeit in Philosophie, Wissenschaft und Kunst*, Kircheng am Wechsel, S. 229-231.
- [13] Aufschnaiter, Claudia von (2008): Mithilfe von Experimenten lernen – (wie) geht das? Experimentierserien als systematischer Zugang zu physikalischen Konzepten. In: *Unterricht Physik* 19 (2008), 108, S. 4-9.
- [14] Schnell, R.; Hill, P. B.; Esser, E. (2008): *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 8. Auflage, Oldenbourg Verlag.
- [15] Homepage der Onlinebefragungssoftware QSYS: <http://www.survey4all.org> (Stand: 5/2011).

- [16] Kessels, Ursula; Rau, Melanie; Hannover, Bettina (2006): What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. In: *Br. J. Educ. Psychol.*, 76, S. 761-780
- [17] Greenwald, A. G.; McGhee, D. E.; Schwartz, J. L. K. (1998): Measuring individual differences in implicit cognition: The implicit association test. In: *J. Pers. Soc. Psychol.*, 74, S. 1464-1481
- [18] Bluemke, Matthias; Friese, Malte (2008): Reliability and validity of the Single-Target IAT (ST-IAT): Assessing automatic affect towards multiple attitude objects. In: *Eur. Soc. Psychol.*, 38, S. 977-997.