

schiedene Modelle. Jedes von ihnen kann gelebt werden. Ob man das eine oder andere mit transzendenten Gesetzen vereinbaren kann oder ob man sich weigert, es mit den Strukturen kultureller Tradition zu vereinbaren, stehe dahin. –

DAVID HILBERT hat mittels seines mathematischen Instrumentariums in beispielloser Deutlichkeit Einsichten eröffnet in geistiges Walten: Anschauung und Abstraktion, Systemfundierung und Modellbildung, Widerspruchsfreiheit und Unmöglichkeit, Grenzen der Sprache und Begriffsbildung durch Strukturen.

JOSEF LEISEN

Literatur

- [1] W. HEISENBERG: Der Teil und das Ganze. – München: Verlag Piper & Co 1969.
 [2] D. HILBERT: Grundlagen der Geometrie. – Stuttgart: Teubner Verlag 1962.

Prof. Dr. LOTHAR KIENLE, Burgklinge 18, 70839 Gerlingen, unterrichtete bis 1973 Mathematik und Physik an Gymnasien in Heilbronn und Stuttgart und war bis zu seiner Emeritierung Professor für Mathematik an der Berufspädagogischen Hochschule Stuttgart Esslingen (ab 1987 Universität Hohenheim). ■

»Hausphilosophien« im Unterricht

»Es gibt nicht Nicht-Kommunikation.« In Anlehnung an dieses Diktum von WATZLAWICK sollte man auf die Wissenschaftstheorie bezogen formulieren: Es gibt nicht Nicht-Wissenschaftstheorie im Unterricht. »Andererseits formuliert: Alle Lehrer treiben im Unterricht Wissenschaftstheorie, auch diejenigen, die von sich behaupten, dass sie nur das Fach unterrichten. Im Unterricht treten sie an immer wieder auf: die metaphysischen Hintergrundüberzeugungen, die erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Grundhaltungen, seien diese nun reflektiert oder nicht. Jeder Lehrer hat in seinem Kopf eine »Hausphilosophie«, die den Unterricht maßgeblich mitbestimmt. Es geht nicht darum, die Philosophie aus dem Unterricht herauszuhalten, sondern im Gegenteil, sie reflektiert und bewusst hineinzubringen. Der Beitrag zeigt in fiktiven Lehrer-Schüler-Gesprächen typische »Hausphilosophien« auf. Im zweiten Teil werden wichtige wissenschaftstheoretische Positionen erläutert.

1 Beispiele für »Hausphilosophien« im Unterricht

Beispiel 1: Das Ohm'sche Gesetz

Lehrer (L.): So, auf dem Experimentiertisch habt ihr einen langen Draht, eine Spannungsquelle und Messgeräte. Unser Ziel ist es, experimentell einen Zusammenhang zwischen Stromstärke und Spannung zu finden und in einem Gesetz zu formulieren. Gemäß der Schaltskizze baut ihr auf und nehmt entsprechende Messreihen auf. Anschließend sucht ihr den Zusammenhang mit den bekannten mathematischen Mitteln. Anschließend verändern wir die Drahtlänge, die Drahtdicke und das Material. Immer auf der Suche

nach gesetzmäßigen Zusammenhängen. So machen es auch die Forscher.

Schüler (S.): Wenn wir die Spannung durch die Stromstärke teilen, bekommen wir immer dieselbe Zahl heraus, fast immer. Bei zweien gibt es Fehler.

L.: Wo kommen die Fehler her?

S.: Messungenauigkeiten.

Beispiel 2: Wärme und Atome

L.: So, hier hab ich zwei Eisenstücke. Beide sehen gleich aus, haben dieselbe Größe, Masse und sind optisch nicht zu unterscheiden. Jetzt lasse ich je einen Tropfen Wasser auftropfen. Bei dem ersten tut sich nichts Besonderes und beim zweiten verdampft der Tropfen zischend. Was schließen wir daraus?

S.: Das zweite Eisenstück ist heiß. Sie hatten es bestimmt vorher in den Bunsenbrenner gehalten.

L.: Was ich vorher gemacht habe, steht überhaupt nicht zur Diskussion. Tatsache ist, dass es heiß ist. Das sagen uns unsere Sinne. Ich versuche es mit angefeuchteten Händen anzutippen. So, es ist heiß.

S.: Wenn man es in eine Flamme hält, dann geht Wärme vom Feuer in das Eisenstück.

L.: Wie kommst Du denn auf so etwas? Reine Spekulation. Siehst Du etwa Deine angebliche Wärme? Nein! Wie kannst Du also so etwas behaupten. Tatsache ist: vorher kalt, nachher warm. Das Eisenstück ist in einem anderen Zustand, denn die Temperatur hat sich geändert. Das wird objektiv mit einem Gerät, nämlich dem Thermometer, angezeigt. Das und nur das ist für den Forscher interessant. Alles andere ist Spekulation, gehört nicht in die Physik. Physik beschreibt Zusammenhänge zwischen direkt beobachtbaren Größen in der Natur.

S.: Und die Atome ...?

ERNST MACH: »Habens' schon eins gesehn?«

Beispiel 3: Die Atome

S.: Und die Atome ...?

L.: Ja, das sind brauchbare Erklärungshypothesen. Überlegen wir jetzt, wie wir die Temperaturerhöhung damit verstehen können. Wir lassen die Mathematik und die Logik darauf los und überprüfen, ob alles stimmig ist. Mathematik und Logik sind Methoden, sagen aber nichts über die Natur der Dinge, nichts über die Wirklichkeit.

S.: Ja gibt es denn jetzt die Atome wirklich, ja oder nein?

L.: Die Frage ist »sinnlos«, weil sie nicht beantwortbar ist, solange die Atome empirisch nicht nachgewiesen, verifiziert sind. Diese Existenzfrage ist ein »Scheinproblem« in der Philosophie. Fragen wir doch so: Passt die Atomhypothese in den logischen Aufbau der Welt? Führt sie innerhalb des Systems wissenschaftlicher Sätze zu logischen Widersprüchen? Das sind die Fragen, die sich die Philosophie zu stellen hat.

S.: Verstehe ich das richtig: Die Logik führt uns nicht zu den Atomen, sondern sagt nur etwas darüber aus, ob wir formal richtig darüber sprechen. Das ist aber wenig, ich bin enttäuscht. Jetzt habe ich gelesen, dass man Atome mit dem Rastertunnelmikroskop sichtbar gemacht hat. Das ist doch der Beweis, dass es sie gibt. Oder?

Beispiel 4: Und noch einmal: Die Atome

L.: Das Rastertunnelmikroskop verifiziert die Atome nicht. Wir können die Atomhypothese niemals im Experiment verifizieren, denn sie steht schon von vornherein immer im Gesamtzusammenhang mit einer Theorie und reicht somit immer weit über das Tatsachenmaterial hinaus. Die Aufnahme des Rastertunnelmikroskops ist schon Theorie. Und die können wir nicht beweisen, sondern nur der Widerlegung, der Falsifizierung aussetzen.

S.: Und wie kommen wir zu den physikalischen Gesetzen, z. B. zum Ohm'schen Gesetz?

L.: Indem wir raten und die Hypothese der Gefahr der Falsifikation aussetzen.

S.: Also, ich rate mal (aus guten Gründen), dass Stromstärke und Spannung proportional zueinander sind. Aber im Experiment stimmt das nicht ganz genau. Ist das Gesetz damit falsifiziert?

L.: Wenn man die »Fehler« erklären kann, ist es nicht falsifiziert.

Beispiel 5: Die Wahrscheinlichkeitswelle

L.: Das JÖNSSON-Experiment zeigt uns: Wenn impulspräparierte Elektronen durch einen Doppelspalt gehen, dann zeigt das Schirmbild eine stochastische Verteilung von Auftreffstellen auf einem Streifenmuster (, das dem der Interferenzstreifen von Lichtwellen entspricht). Also: Im Doppelspaltexperiment mit Elektronen ist Welliges, Körniges und Stochastisches im Spiel. Das ist überraschend und merkwürdig, im besten Sinne unverständlich? Wie können wir das verstehen, im Kopf zusammenbringen? Nun, die Physiker haben dazu den Begriff der Wahrscheinlichkeitswelle, der Psi-Funktion, eingeführt. Der Name verbindet das Wellige und das Stochastische; und das Betragsqua-

drat beschreibt die Auftreffwahrscheinlichkeit auf einer Schirmstelle, also das Körnige. Und jetzt das radikal Neue: Die Wahrscheinlichkeitswelle ist keine Messgröße, d. h. es wird kein Messgerät für sie geben. Nur ihr Betragsquadrat ist messbar.

S.: Wieso führt man in der Physik etwas ein, das man nicht messen kann? Das ist doch reine Spekulation. Ich dachte, Physik hält sich an Tatsachen. Das bringt mein ganzes Weltbild durcheinander.

L.: Richtig, das will der Physikunterricht auch. Physik ist Philosophie. Die Wahrscheinlichkeitswelle führt man ein, weil man für sie das Interferenzprinzip formulieren kann. Und das Betragsquadrat entspricht der bekannten Intensitätsverteilung. Die Theorie macht das Ganze stimmig. Und die Berechnungen auf der Grundlage dieser Theorie werden täglich in Experimenten bestätigt.

S.: Also, die Theorie ist doch wichtiger als das Experiment.

L.: EINSTEIN sagte: »Die Theorie bestimmt, was wir beobachten.« Insofern kommt kein Mensch auf die Idee, ohne die Theorie das JÖNSSON-Experiment zu machen. Aber hier der Theorie den Primat vor dem Experiment zu geben, das ist falsch. Theorie und Experiment bedingen sich gegenseitig. Es ist ja nicht das eine Experiment, das die Theorie vorantreibt, sondern das ganze experimentelle Erfahrungspotenzial.

S.: Also, Sie sagen, die Elektronen interferieren miteinander, sogar mit sich selbst, wie wir uns überlegt haben. Sie sagen, es ist unfruchtbar, weil nicht gelungen, und es wird auch nicht gelingen, eine mechanistische Erklärung dafür zu finden. Sie sagen weiterhin, dass das Interferenzverhalten grundlegend sei, und behaupten sogar, makroskopische Körper, also wir selbst, würden uns so verhalten. Also, ich wusste bis heute nicht, dass ich mit mir selbst interferiere, wenn ich durch die Tür gehe. Interessant zu wissen. Aber warum?

L.: Weil das so ist.

S.: Weil das so ist. Das sagen Sie immer. Das haben Sie beim freien Fall gesagt. Das haben Sie bei der Lorentzkraft gesagt. ...

L.: Was erwartest Du denn als Antwort? Deine Frage ist falsch gestellt. Frage nicht die Physik nach dem »warum«, sondern dich selbst. Frage dich, weshalb du mit den Antworten der Physik unzufrieden bist. Das ist dein Problem. Du versuchst immer noch Denkfiguren, die du aus Erfahrungen im Mesokosmos entwickelt hast, unreflektiert auf den Mikrokosmos zu übertragen. Das grenzt an Größenwahn. Du solltest die Toleranz und Einsicht aufbringen, dass dort die »Uhren anders gehen«. Ich kann dich trösten, das ist einfach eine Frage der Gewöhnung. Was machen wir denn jetzt im Unterricht: Wir handeln eine neue Sprache über neue Sachverhalte aus, müssen uns aber der alten Sprache bedienen. Wir konstruieren Sprache neu, indem wir sprechen, kommunizieren. »Physik entsteht im Gespräch«, sagt HEISENBERG. Wir sagen besser: »Im Gespräch entsteht Physik in unserem Kopf.«

S.: Also, eins hab ich schon gelernt: Interferieren heißt hier, dass auf dem Schirm etwas Streifiges entsteht, das uns Interferenz nahe legt, das mich an Interferenz

denken lässt, aber nicht unbedingt in dem Bild, das ich von Wasserwelleninterferenzen vor mir habe, sondern einfach abstrakt. Aber was macht das Elektron denn zwischendurch, bevor es auf dem Schirm aufkommt? L.: Die Frage stellen sich alle Physiker. Es gibt viele Antworten und doch keine. Die einfachste Antwort hat WITTGENSTEIN gegeben: »Wovon man nicht sprechen kann, darüber muss man schweigen.«

Historische Anmerkung

WILHELM OSTWALD griff im Jahre 1985 in einer Rede zum Thema »Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus« die Atomhypothese heftig an:

»Wir müssen die Hoffnung begraben, dass wir die physikalische Welt darstellen können, indem wir die natürlichen Erscheinungen mit dem Mechanismus von Atomen in Zusammenhang bringen. Aber – so höre ich Sie sagen – was bleibt uns, um ein Bild von der Wirklichkeit zu machen, wenn wir die Atome aufgeben? Darauf möchte ich erwidern: »Du sollst Dir kein Bildnis machen in irgendeiner Gestalt.« Es ist nicht unsere Aufgabe, die Welt in einem dunklen Zerrspiegel zu sehen, sondern unmittelbar, soweit dies die Natur unseres Verstandes zulässt. Es ist die Aufgabe der Wissenschaft, Beziehungen zwischen Realitäten – das sind vorzeigbare und messbare Größen – zu erkennen. (...) Es ist nicht eine Suche nach Kräften, die wir nicht beobachten können.«

Die Arbeiten von EINSTEIN und die Experimente von PERRIN führten OSTWALD zur Gesinnungsänderung: »Ich habe mich überzeugt, dass wir seit kurzer Zeit in den Besitz der experimentellen Nachweise für die diskrete oder körnige Natur der Stoffe gelangt sind, welche die Atomhypothese seit Jahrhunderten, ja Jahrtausenden vergeblich gesucht hatte. Experimente wie die von PERRIN rechtfertigen einen äußerst vorsichtigen Wissenschaftler, wenn er jetzt über den experimentellen Beweis für die atomistische Natur der Materie spricht. Die Atomhypothese wird so in den Stand einer wissenschaftlich wohl fundierten Theorie erhoben.«

2 Übersicht über die wichtigsten wissenschaftstheoretischen Positionen

Im Folgenden werden wichtige wissenschaftstheoretische Positionen vorgestellt, vor deren Hintergrund die »Hausphilosophien« gewertet werden können ([1], [2], [3]).

Induktivismus

Der *Induktivismus* steht in enger Verbindung mit dem *Empirismus* (HUME, BACON) und sieht die Quelle aller Erkenntnis in der Erfahrung durch Beobachtung, Messen und Experimentieren. Der *Induktivismus* als eine der einflussreichsten Methodologien der Wissenschaft nimmt nur solche Sätze in das Gebäude der Wissenschaft auf, die entweder harte Tatsachen oder unfehlbare induktive Verallgemeinerungen sind. Wissenschaftliche Strenge definiert sich durch Tatsachenbeweis oder durch induktive oder deduktive Ableitungen.

Positivismus

Als *Positivismus* (COMTE, MACH) bezeichnet man die erkenntnistheoretische Position, die die Aufgabe der Naturwissenschaften in der Ergründung der funktionalen Abhängigkeiten direkt beobachtbarer Größen in der Natur sieht. Die Quelle aller Erkenntnis ist allein das Gegebene, die durch Beobachtung gewonnenen (wahrnehmbaren) positiven Tatsachen. Wissenschaft ist Beobachtung an sich und Herstellung funktionaler Abhängigkeiten ohne Rücksicht auf Nutzen oder Verwertung (»reine Wissenschaft«). Jeder Versuch, innere Ursachen oder das wahre Wesen der Dinge zu ergründen, ist müßig und ein Scheinproblem der Philosophie.

Logischer Empirismus

Das Programm des *logischen Empirismus*, auch logischer Positivismus, oder analytische Philosophie genannt (CARNAP, Wiener Kreis, MOORE, RUSSELL), besteht in der formal-logischen Absicherung induktiver Schlüsse und der Wahrscheinlichkeit induktiv gewonnener Aussagen. Die Funktion der induktiven Logik beginnt erst nach Vorliegen einer Hypothese. Der logische Empirismus kennt keine zwingenden Wege von der Beobachtung zur Theorie. Philosophie ist nichts anderes als die logische Analyse wissenschaftlicher Sätze und Begriffe.

Falsifikationismus

Der *Falsifikationismus* (POPPER) lehnt es ab, sich mit der Entstehung von Erkenntnis und Theorien zu beschäftigen, was Aufgabe der Psychologie sei. »Wir wissen nicht, wir raten.« Die Aufgabe der Wissenschaft ist die systematische Überprüfung der Geltung von Gesetzen und Theorien. Als wissenschaftliche Aussagen lässt POPPER nur solche zu, die an der Erfahrung scheitern können, die falsifizierbar sind. Eine wissenschaftliche Theorie muss Tatsachen vorhersagen können, die neuartig sind, d. h. unerwartet im Lichte vorhergehender Erkenntnisse. Das Experiment als absolute Entscheidungsinstanz kann sie falsifizieren.

Raffinierter Falsifikationismus

IMRE LAKATOS entwickelte eine *Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme*. Ein Forschungsprogramm (z. B. Bohr-Sommerfeld'sches Atommodell) besteht aus einer Anzahl grundlegender, unumstößlicher theoretischer Annahmen (»harter Kern«) und einem Vorrat an zu lösenden Problemen und möglicher Hilfhypothesen sowie einem »Durchhaltewillen« beim Auftreten von Anomalien (»positive Heuristik«). Dieser *Schutzgürtel* verhindert ein vorzeitiges Scheitern an auftretenden Schwierigkeiten, die sich nie ganz vermeiden lassen. Es gibt keine entscheidenden Experimente. Ein Forschungsprogramm wird erst dann aufgegeben, wenn es sich »totläuft«, d. h. wenn keine neuen vorhersagbaren Phänomene mehr gefunden werden, wenn die Menge der Anomalien es erdrückt und ein anderes Erfolg versprechenderes Programm vorliegt (»raffinierte Falsifikation«).

Struktur wissenschaftlicher Revolutionen

THOMAS S. KUHN entwickelt einen deskriptiven Ansatz von der *Struktur wissenschaftlicher Revolutionen* im Sinne eines Paradigmenwechsels. Dabei teilt er die wissenschaftliche Entwicklung in Normalwissenschaft und revolutionäre Phasen ein. »In der Normalwissenschaft arbeitet die Forschergemeinschaft auf einer allgemein anerkannten Verständigungsbasis, die die relevanten Aufgabenstellungen (Rätsel) und die zur Lösung notwendigen theoretischen und praktischen Methoden festlegt (»Paradigma«). Experimente dienen zum Sammeln von Bestätigungen (Lösungen von Rätseln). Erst eine Anhäufung von inneren Widersprüchen führt die Wissenschaft in eine Krise, die dann durch eine Revolution überwunden wird. Die Wahl des neuen Paradigmas ist nicht eindeutig durch Logik und Experimente entscheidbar, da von Anhängern verschiedener Paradigmanwärter gemeinsam verwendete Begriffe mit unterschiedlichen Bedeutungen belegt sind (z. B. Raum, Zeit). Mit dem neuen Paradigma wandelt sich auch die Sehweise der äußeren Welt.

Anything goes

Die *anarchistische Erkenntnistheorie* von PAUL FEYERABEND sieht in der Wissenschaft ein anarchistisches Unternehmen, dem er als einzigen Grundsatz empfiehlt: »Anything goes«. Er wendet sich von der Konsistenzbedingung, nach der neue Hypothesen mit anerkannten Theorien übereinstimmen sollen, als unvernünftig ab, weil sie die ältere und nicht die bessere Theorie am Leben erhält. Er empfiehlt kontrainduktives Vorgehen und absurdes Denken ebenso wie das herkömmliche Vorgehen. Zwischen Entdeckung und Begründung einer Theorie zu unterscheiden ist sinnlos. Die Theorienvielfalt ist für die Wissenschaft fruchtbar, Einförmigkeit hingegen lähmt ihre kritische Kraft.

Konstruktivismus

Der *Konstruktivismus* ist eine Wahrnehmungs- und Erkenntnistheorie.

Was unterscheidet ihn von anderen?

Der Konstruktivismus ist bescheiden. Während andere Erkenntnistheorien die Frage stellen »Was erkennen wir? Was ist die Realität?« fragt der Konstruktivismus »Wie erkennen wir?« Es handelt sich um eine Verschiebung von der *Was*-Frage zur *Wie*-Frage.

Was sind die Vorteile?

Klassische Erkenntnistheorien reflektieren über die ontologische Wirklichkeit, driften damit schnell ab vom Wahrnehmenden (von uns). Der Konstruktivismus denkt in jedem Augenblick den Wahrnehmenden (uns) mit, weil er ausschließlich die Organisation und die Ordnung unserer Erfahrungen in der Welt unseres Erlebens beschreibt.

Was und wie beschreibt er?

Der Konstruktivismus beschreibt den Erkenntnisvorgang, seine Wirkungen, seine Resultate. Er ist nicht re-

duktionistisch, d. h. er führt unsere Wahrnehmung nicht auf fundamentale oder elementare Objekte oder Prozesse zurück, sondern versteht den Wahrnehmungsapparat von Organismen als Ergebnis einer evolutiven Anpassung. Sind andere Erkenntnistheorien auf der Suche nach einer ikonischen Übereinstimmung mit der ontologischen Wirklichkeit, so ist der Konstruktivismus auf der Suche nach *passenden* Verhaltensweisen und Denkart. Passend ist das, was evolutiv überlebt, was sich Vorteile verschafft.

Was sind die Konsequenzen?

Nach Auffassung des Konstruktivismus gibt es keine objektiv erfassbare Wirklichkeit, die unabhängig vom wahrnehmenden Menschen existiert. Die Wirklichkeit wird immer durch den Menschen geschaffen und existiert deshalb nur in seinem Gehirn. Es gibt so viele Wirklichkeiten, wie es Menschen gibt. Jede Wahrnehmung ist schon Interpretation, ist Bedeutungszuweisung.

Welche Auffassung hat der Konstruktivismus von Organismen?

Menschen, wie alle lebenden Organismen, sind im Verständnis des Konstruktivismus autonome Systeme, die ihr Verhalten so steuern, dass ihr Überleben gesichert ist. Lebende Organismen können nur überleben, indem sie sich in die Umwelt einpassen. Passung ist der Motor des Verhaltens lebender Organismen.

Menschen sind im Verständnis des Konstruktivismus »kognitiv und informationell abgeschlossen«, d. h. es werden nicht von außen Informationen aufgenommen und dann innen weiterverarbeitet. Das Nervensystem wird nicht von außen gesteuert, sondern nur perturbiert, d. h. angestoßen, in Aufruhr gebracht, gestört, aus dem Gleichgewicht gebracht. Die Perturbationen bewirken, dass sich das Nervensystem immer wieder neu organisiert.

Das Gehirn operiert auf der Grundlage früherer interner Erfahrung und stammesgeschichtlicher Festlegungen. Das Gehirn bezieht sich immer auf sich selbst zurück, d. h. es ist selbstreferenziell, es ist rückbezüglich auf sich selbst. Der zirkuläre Rückgriff des Gehirns auf sich selbst garantiert seinen Fortbestand, weil das Stabilität schafft. Perturbationen bewirken geringfügige Änderungen im Sinne einer evolutiven Anpassung. Menschen werden als wahrnehmende Systeme verstanden, die Wörter und Symbole (Sprache) benutzen um an die Umwelt anzukoppeln. Mit Sprache werden keine Informationen übertragen, sondern Zustandsänderungen in der Kognition ausgelöst. Durch Sozialisation wird Konsens geschaffen, wie diese Zustandsänderungen wahrgenommen, also interpretiert werden. Sprache ist ein wichtiges Mittel, das die Ankopplung an die Umwelt, also Kommunikation, ermöglicht. Erfolgreiche Kommunikation stellt Konsens über Verhalten her. Der Konsens wird ausgehandelt.

Welche Auffassung hat der Konstruktivismus von Lernen?

In der Auffassung des Konstruktivismus ist Lernen kein Auffüllen des Gehirns mit Informationen, sondern die Konstruktion von Wissen im Gehirn, und zwar perma-

nent und immer wieder aufs Neue. Diese Konstruktion geschieht durch neuronale Vernetzungen. Der Laie und der Fachmann unterscheiden sich u. a. darin, dass die Wissenskonstruktion beim Fachmann sehr zügig und schnell geschieht, weil neuronale Vernetzungen schon »vorgespurt« sind. Beim Fachmann handelt es sich in großen Bereichen um Rekonstruktionen, beim Laien um Erstkonstruktionen. In dieser Sicht kommt dem Üben und dem Training eine neue Bedeutung zu. Wenn der Lehrer nicht einfüllen kann, welche Rolle kommt ihm dann zu? Autonomie, Selbstorganisation, Selbstreferenzialität lassen die Lehrereinflüsse nur bis auf die sensorische Oberfläche gelangen. Diese Einwirkungen perturbieren das Gehirn des Lerners in der vom Lehrer gewünschten Richtung. Jedoch bestimmt der Schüler, was er lernt, wie viel er lernt, wie intensiv er lernt.

Literatur

- [1] U. BAUMGART, U. – U. H. KRÜGER – H. NIEDDERER – H. SCHECKER: Übersicht über wichtige wissenschaftstheoretische Fragestellungen und Positionen. – *Der Physikunterricht* 2 (1982) 5–20.
- [2] W. JUNG: Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie. – Frankfurt a. M.: Diesterweg 1979.
- [3] G. KLAUS – M. BUHR (Hg.): Philosophisches Wörterbuch. – Berlin 1972.

OStD JOSEF LEISEN

Leiter des Staatlichen Studienseminars für das Lehramt an Gymnasien, vormals Fachleiter für Physik am Studienseminar, Lehrauftrag für Didaktik der Physik an der Universität in Mainz, Leiter der Lehrplankommission Physik Sek. II in Rheinland-Pfalz. ■

MARCO OETKEN – CHRISTIANE S. REINERS

»Die Basis schwankt«

Theoriegeleitete Beobachtungen in Wissenschaft, Alltag und Schule

Eine der wesentlichen Aufgaben der Chemiedidaktik besteht in der Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen und Experimenten, die die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzen sollen, ihre eigenen Erkenntnisse, ausgehend von Versuchsbeobachtungen in einem Wechselspiel zwischen Hypothesenbildung und experimenteller Überprüfung zu gewinnen. Anhand ausgewählter Beispiele soll aus erkenntnistheoretischer Sicht untersucht werden, inwieweit die im Unterricht eingesetzten Experimente und die anschließende Interpretation der Forderung nach einem unvoreingenommenen Beobachten und dem kritischen Umgang mit Ergebnissen gerecht werden.

1 Zur empirischen Basis in der Naturwissenschaft Chemie

Kennzeichnend für die Naturwissenschaften ist es, dass sie als empirische Wissenschaften eine Basis haben, die in der Erfahrung liegt. Diese Erfahrungen sind Beobachtungen, deren methodologischer Status innerhalb der Wissenschaftstheorie zu verschiedenen, zum Teil einander ausschließenden Standpunkten geführt hat. Ohne die Kontroverse zwischen empiristischen und konstruktivistischen Positionen im Detail entfalten zu wollen, soll im Folgenden von einem eher pluralistischen Standpunkt aus – wie POPPER ihn eingenommen hat – ausgegangen werden.

POPPER zeichnet die Beobachtungen bzw. Sätze über Beobachtungen als Basissätze aus, die als solche vielfach missverstanden worden sind. Die Charakterisierung der Sätze als »Basis« impliziert nach POPPER keineswegs, dass den Beobachtungen absolute Zuverlässigkeit zukommt, die keiner Bewährung bedürfen. Vielmehr sind sie ebenso wie die Theorien grundsätzlich fallibel.

»So ist die empirische Basis der objektiven Wissenschaft nichts »Absolutes«; die Wissenschaft baut nicht auf Felsenfund. Es ist eher ein Sumpfgelände, über dem sich die kühne Konstruktion ihrer Theorien erhebt; sie ist ein Pfeilerbau, dessen Pfeiler sich von oben her in den Sumpf senken – aber nicht bis zu einem natürlichen, »gegebenen« Grund. Denn nicht deshalb hört man auf, die Pfeiler tiefer hineinzutreiben, weil man auf eine feste Schicht gestoßen ist: wenn man hofft, dass sie das Gebäude tragen wird, beschließt man, sich vorläufig mit der Festigkeit zu begnügen.« [1, S. 75]

Mit diesem Gleichnis macht POPPER darauf aufmerksam, dass es keine reinen Beobachtungen gibt, sondern diese stets durch Theorien imprägniert und von Theorien geleitet werden. Er stützt diese Annahme auf die Ergebnisse der Wahrnehmungspsychologie, wonach Wahrnehmen immer ein Wahrnehmen von etwas *als etwas* impliziert. Das »als etwas« wird dabei im Sinne einer ganzheitlichen Gestalt und als subjektive Leistung interpretiert.

»Es gibt keine reinen Daten für die Erkenntnis, die nur passiv aufzunehmen wären, vielmehr sind die »Daten« immer