

Epistemologie und Didaktik als Grundbestimmungen der Wissenschaftsdidaktik

Ines Langemeyer

Zusammenfassung: Um das grundlegende Verhältnis von Epistemologie und Didaktik zu klären, werden Momente der wissenschaftlichen Praxis reflektiert, wie das (Lern-)Subjekt nach Erkenntnis sucht und eine Beziehung zum Gegenstand der Wissenschaft eingeht. Am Beispiel von Ansätzen aus dem Pragmatismus (Dewey) und dem Konstruktivismus (Piaget) wird aufgezeigt, wie Didaktik solche Erkenntnistheorien aufgreift, sodann aber zu wissenschaftstheoretischen Vorstellungen führen kann, die dem Forschen in modernen Wissenschaften widersprechen. Mit der historischen Epistemologie von Rheinberger wird deshalb das »Wissenschaftswirkliche« des Forschens neu betrachtet und mit Bachelard didaktisch reinterpretiert.

Schlagworte: Forschendes Lernen, historische Epistemologie, Pragmatismus, Konstruktivismus, Erkenntnishindernis, epistemologischer Bruch

1 Einleitung

Das grundlegende Verhältnis von Epistemologie und Didaktik zu klären, ist keine Frage der Definition, sondern der Praxis. Aber: Welcher Praxis? Wenn (Lehr-)Lernen und Erkenntnissuche ineinanderfließen, wie beim forschenden Lernen, lassen sich Einsichten gewinnen, wie die Seite der Didaktik epistemologisch und umgekehrt die Seite der Epistemologie didaktisch wird. Sie werden nicht eins, aber wie die Vor- und Rückseite eines Blattes liegen ihre Voraussetzungen im jeweils anderen. Denn das praktische Moment, wie das Subjekt lernt und nach Erkenntnis sucht, ist zugleich sein Modus, eine Beziehung zum Gegenstand der Wissenschaft zu suchen, welcher den Rahmen

individueller Erfahrung übersteigt, um Erkenntnis zu werden. Diese Beziehungen bestehen immer aus gesellschaftlichen Perspektivierungen, die »zur impliziten Übernahme eines bestimmten Blicks auf das Pädagogische« einladen (Bellmann, 2020, S. 34).

Solches lässt sich auf forschendes Lernen beziehen, welches nach Ludwig Huber in den 1970ern von der Idee getragen war, »die alten Strukturen der Universität kritisch zu prüfen« (Huber & Reinmann 2019, S. 15f.). Es galt als ein Moment der Öffnung der Universitäten und stand damit, *expressis verbis*, für eine demokratische Gesellschaft.

In der Erziehungswissenschaft fügen sich die Vorstellungen über forschendes Lernen damit in zwei paradigmatische Richtungen: einerseits in den am Ende des 19. Jahrhunderts in den Umbrüchen der US-amerikanischen Industriegesellschaft entstandenen Pragmatismus, zu dem etwa John Dewey zählt, und andererseits in den von Jean Piaget in den 1920er bis in die 1970er Jahre entwickelten Konstruktivismus. Der Einfluss dieser Paradigmen auf Diskussionen um das forschende Lernen kann hier nicht im Einzelnen historisch-systematisch nachgezeichnet werden (für Dewey vgl. Bellmann, 2020; für den Konstruktivismus vgl. Euler, 2005, S. 264f.). Konvergenzen dieser Strömungen erschienen und erscheinen didaktisch naheliegend. In Bezug auf das Verhältnis von Epistemologie und Didaktik ist das Naheliegende aber zuweilen das Entfernteste, was mit Blick auf den Erfahrungsbegriff im Folgenden dargelegt werden soll.

Um das in manchen Hinsichten spannungsreiche Verhältnis von Epistemologie und Didaktik zu beleuchten, beginnen wir damit, die Einflüsse der beiden Paradigmen auf forschendes Lernen und seine Didaktik in der Praxis aufzuzeigen, sodann ihre Wirkungen auf die Art und Weise, wie wir erfahren, in einer unwillkürlichen Epistemologie zu sehen. Um diesen unwillkürlichen Aspekt genauer zu analysieren, wird auf die historische Epistemologie rekurriert, deren Einsichten wiederum neue didaktische Perspektiven eröffnen.

2 Forschendes Lernen im Licht des Pragmatismus und Konstruktivismus

Während der Pragmatismus menschliche Erfahrung über die Ebene der symbolischen und sprachlichen Bedeutungen, der Intersubjektivität sowie den kulturell geteilten Lebensformen neu zu erfassen versucht und sich dabei gegen Descartes' Trennung von Körper und Geist und seiner rationalistischen

Akzentuierung des Denkens wendet (vgl. Festl, 2018), bahnt der Konstruktivismus den Weg für die (individual-)kognitivistische Lerntheorie. Im Konstruktivismus bleibt der cartesische Dualismus und dessen Rationalismus erhalten: Kant folgend ergründet Piaget das Erkennen in Abhängigkeit von seinen ihm eigenen Verstandesprinzipien und damit in einer Selbstreferenzialität, wonach der Grund einer Vorstellung im Vorstellenden selbst liegt (vgl. Kaiser-El-Safti, 2003, S. XXXII). Entsprechend liegt die Möglichkeit von Erkenntnis für Piaget in einem eigenständigen Bereich des Geistig-Rationalen, wobei in seine Lerntheorie biologische Vorstellungen – er war Biologe und Erkenntnistheoretiker – wie etwa die Äquilibration als eine Art Homöostase-Prinzip des Denkens einfließen. Aus der Annahme, dass sich Denkschemata nur durch eigene Erfahrungen mit einem Gegenstand verändern lassen, ergibt sich die konstruktivistische Grundeinsicht, dass sich ohne das eigene Handeln und Lösen von Problemen keine Entwicklung der Denkstrukturen ergibt.

Deweys Ansatz ist ebenfalls von der Idee geprägt, das (Lehr-)Lernen von der direkten persönlichen Erfahrung anzugehen. Das Machen von Erfahrungen mit der (gesellschaftlichen) Wirklichkeit und das Sich-Bilden sind beim Lösen alltäglicher Probleme miteinander verbunden. Beides sei sinnvoll eingelassen in das Wechselwirken zwischen den sozialen Institutionen und den in ihnen agierenden Individuen, was nicht künstlich zu unterbinden ist (Dewey, 1938/1997). Für Dewey ist damit Denken ohnehin Forschung im Sinne eines Suchens nach Zusammenhang und Verständnis, ganz unabhängig, ob die entstandene Erkenntnis sich von einer genuin neuen Erkenntnis unterscheidet (vgl. Dewey, 1989, p. 198). Sofern man anerkennt, dass die soziale Realität nicht bloß wie eine feststehende äußere Dingwelt auf die Einzelnen einwirkt, sondern sich beide Seiten permanent gegenseitig verändern, lässt sich das Lernen über die persönliche Erfahrung auch ethisch-politisch betrachten: Ist sie der Ort, an dem soziale Institutionen und Individuen miteinander wechselwirken, kann dies der Ausgangspunkt für emanzipatorische Lernprozesse sein und diese Erfahrung befähigt somit die Lernenden zur Teilhabe an einer demokratisch verfassten Gesellschaft. So setze auch »Demokratie [...] freie und ungebundene Kommunikation voraus«; damit sie ihrem eigenen Anspruch nach »Partizipation der Bürger« und »ständige Neuanpassung der sozialen Institutionen« verwirklichen kann (Oelkers, 2018, S. 183). Persönliche Erfahrung ist für den Pragmatismus quasi eine »umweglose Erziehung zur Demokratie« (Kaiser-El-Safti, 2003, S. XXII).

Was jemand erfährt, dem wird also eine Schlüsselrolle für die Entwicklung höherer Lebensformen zugewiesen. Und so gesehen scheint auch der Pragmatismus mit dem Konstruktivismus übereinzustimmen. Beide Paradigmen interpretieren die individuelle Erfahrung gleichsam nicht nur als notwendig für das Lernen, sondern liefern damit auch ein Verständnis für die progressive Integration des Einzelnen in die (demokratisch gedachte) Gesellschaft bzw. – abstrakter formuliert – für die Anpassung an höhere Lebens- und Denkformen. Problemlösendes und entdeckendes Lernen wie überhaupt das Forschen werden im Pragmatismus als gleichartig angesehen (vgl. Oelkers, 2018, S. 184). Der historische »Fortschritt in der logischen und rationalen Organisation der Erkenntnis« und der daran anschließende Entwicklungsfortschritt in der Ontogenese, welcher »entsprechende psychologische Formationsprozesse« impliziert, bezeichnet Piaget als einen »Parallelismus« (Piaget, 1970/1973, S. 20f.). Die persönliche Erfahrung wird daher zum Schlüssel für das gesellschaftlich Höhere.

Für die Didaktik mag die zuvor angesprochene Differenz zwischen Pragmatismus und Konstruktivismus zunächst unerheblich sein, geht es doch vordergründig nur um die Schlüsse, die Dewey, Piaget und andere für die (Lehr-Lern-)Praxis ziehen.

In der Verschränkung von Konstruktivismus und Pragmatismus erscheint es möglich, zwei entgegengesetzte bildungstheoretische Standpunkte miteinander zu versöhnen: Während der eine argumentiert, dass das umfassende Fachwissen einer Disziplin und der jeweilige Erkenntnisstand über die Erfahrungsmomente des Entdeckens und Ausprobierens nicht offensichtlich werden kann, weshalb die Lehrenden die Lernenden ins jeweilige Wissensgebiet historisch und systematisch einführen müssen, betont der andere, dass Bildung prinzipiell nur als Selbstbildung an konkreten Erfahrungen möglich sei (Fuhr, 2017, S. 11). Dazwischen vermittelnd hebt etwa Jerome Bruner 1960 hervor, dass es möglich wäre, »to present the fundamental structure of a discipline in such a way as to preserve some of the exciting sequences that lead to a student to discover for himself« (Bruner 1960/2009, p. 20).

Löst man die Dissonanzen nicht gleich auf, dann gibt es zum einen die Position, die das didaktische Vorgehen entlang der persönlichen Erfahrung konzipiert, und zum anderen die Sichtweise, die eher eine unpersönliche oder überindividuelle Konstitution des Wissens in Form einer kanonisierten fachlichen Disziplin als maßgeblich betrachtet. Werden beide Formen des Wissens als wesentlich verschieden wahrgenommen, bringen sie ein didaktisches Spannungsfeld hervor, was aber noch genauer zu begründen ist. Zunächst soll

gezeigt werden, dass beide Positionen ein solches Spannungsfeld theoretisch und praktisch tatsächlich erzeugen. Und dies lässt sich anhand einer Debatte über das selbstgesteuerte forschende Lernen nach der Jahrtausendwende weiter verfolgen.

Hier argumentieren Paul Kirschner, Sweller & Clark auf einer empirischen Basis gegen die weit verbreitete Schlussfolgerung, Lernen könnte besser durch authentische Probleme als durch eine Lehrperson angeregt werden. Der »shift of emphasis away from teaching a discipline as a body of knowledge toward an exclusive emphasis on learning a discipline by experiencing the processes and the procedures of a discipline«, hätte eine Abwertung von Instruktion und eine Aufwertung praktischer Erfahrung zur Folge gehabt (Kirschner, Sweller & Clark, 2006, p. 78). Viele Studien untermauerten jedoch den Verdacht, dass »unguided learning« oder »minimally guided learning« nicht funktionieren (s. dazu die Kritik an dieser Forschung von Hmelo-Silver, Duncan & Chinn, 2007). Beispielsweise könnte das Vorbild von Problemlöseaktivitäten, wie sie Experten vollziehen, von Anfängern nicht einfach imitiert werden. Studien von John Sweller und anderen belegten dabei Grenzen der kognitiven Belastung (Kirschner, Sweller & Clark, 2006, 2006, p. 80).

Die Didaktik, so die Schlussfolgerung, sollte sich also »die Wissenschaft« nicht so zunutze machen, dass sie dem Lernenden einfach alles aufbürdet, was in einer Forschungspraxis insgesamt zu tun und zu beherrschen ist. Andererseits aber, so das Eingeständnis an die didaktische Reduktion, wäre es zwar richtig, den Lernenden zu entlasten. Aber mit Blick auf den Gegenstand sei es unzulässig, wenn man »die Wissenschaft« didaktisch bloß auf ein leicht nachzumachendes Verfahren reduziere. Diese Didaktik würde schlicht »doing science« mit »learning science« und »learning about science« verwechseln (Kirschner, Sweller & Clark, 2004, p. 21; vgl. Hodson, p. 2014).

Die Epistemologie, mit der geforscht wird, sei nicht dasselbe wie der Konstruktivismus des Lernens, wenn sich ein Anfänger oder eine Anfängerin ein neues Gebiet aneignet (Kirschner, Sweller & Clark, 2006, p. 78). »As a consequence of this confusion, educators also confuse projects and practical work and their purpose in education with projects or experiments and their purpose during research.« (Kirschner, Sweller & Clark, 2004, p. 21).

Man könnte es auch so sagen: Die Wissensform, in der praktische Arbeit einschließlich der des Forschens geschieht, ist grundlegend verschieden von der Wissensform, mit der lernend Erkenntnis entstand. Der Formbegriff verweist damit auf eine bestimmte Logik, in der Wissen lernend erfahren und in der es praktisch relevant (gemacht) wird. Wenn diese Logik bzw. die Form

jeweils differiert, gibt es demnach jenen »Parallelismus« (Piaget) nicht, oder zumindest nicht so, dass er keine Spannungen auf der didaktischen Ebene impliziert. Denn wenn sich die Wissensform des Forschens (Epistemologie) und die Wissensform (z.B. in der Darstellung dieser Forschung zum Zweck) des Lernens (Didaktik) wesentlich unterscheiden, dann sind sie nicht einfach ineinander überführbar. Zu zeigen und zu begründen ist dann, dass sie, obwohl sie aufeinander verweisen, unterschiedliche Erfahrungsräume und Arten der Erfahrung darstellen.

Kirschner (2009, p. 151) schließt sich einer Definition von Epistemologie an, die diese Differenz unterstreicht, da sie einerseits die reflexiven Verfahren der Begründung und der Validierung von »knowledge claims« meint, andererseits aber auch die Praxis umschließt, mit der solche »knowledge claims« in einer bestimmten Antizipation einer Erkenntnis hervorgebracht werden. Man könnte als Begründung für die Verschiedenheit also die unterschiedlichen Modi des Denkens und Wahrnehmens im Sinne von Reflexion und Antizipation anführen.

Carl Bereiter (2016, p. 579) kommentiert Kirschners Kritik am pädagogischen Konstruktivismus mit einer leichten Skepsis gegenüber dem Hauptargument, dass der Lernansatz vor allem wegen der kognitiven Überlastung (»cognitive overload«) scheitern würde, stimmt ihm sowie den Koautoren Sweller und Clark aber dort zu, wo sie in der praktizierten Didaktik ein verkürztes Wissenschaftsverständnis aufdecken. Bereiter betont, intuitiv erschließen sich schon Sechsjährige einen allgemeinen Begriff von Theorie, wenn sie z.B. feststellen, dass ihre erste Annahme über einen Sachverhalt falsch war. Ihr implizites Wissenschaftsverständnis ist dann verkürzt, wenn sie aus dieser Erfahrung folgern, dass die Theorie nichts weiter sei als eine Erklärung für die erkannte Tatsache. Übersehen wird, dass Theorie auch dem Erkennen vorgreift, was sich durch eine bestimmte Art zu forschen wie empirisch erkennen lässt und warum eine konkrete Untersuchung wissenschaftlich relevant sein könnte. Die didaktische Praxis, die diese komplexe Koordination von antizipierenden Vorgriffen und reflexiven Überprüfungen außer Acht lässt, wäre ein »naiver Empirismus«. Wissenschaft scheint dann nichts anderes zu sein als ein Lernen nach der Versuch-und-Irrtum-Methode oder schlicht ein Lernen nach Erfahrung. Damit verkennt man, dass das wissenschaftliche Forschen gar nicht direkt dem individuellen Entdecken oder Erfahren entspricht. In der vorherrschenden Lehrpraxis fehlt den (Lern-)Konstruktivistinnen laut Bereiter eine umfassende theoretische Reflexion über wissenschaftliche Erkenntnisprozesse. Man könne das z.B. daran sehen,

dass Schülerinnen und Schüler wie auch Studierende eigene Texte oft nach dem Vorbild von Enzyklopädie-Artikeln verfassen oder dass sie überhaupt Erkenntnisprozesse entlang des »how-it-works«-narrative« interpretieren (Bereiter, 2016, p. 582). Die präferierte Darstellungsweise offenbart, dass wenig über die theoretische Erarbeitung von kohärenten Erklärungsansätzen und der Widerlegung von Irrtümern in einem disziplinären Rahmen bekannt ist. Studierende müssten das »knowledge building« als eine kreative und gemeinschaftliche Dimension von Forschungsprozessen erst kennenlernen (Bereiter, 2016, p. 582). Deshalb verdeutlicht Bereiter, worin das didaktische Problem der konstruktivistischen Lernansätze liegt: Dem Lernen fehlt nicht einfach das Lehren, sondern der Unterricht verkörpert eine falsche Philosophie über den Erkenntnisprozess. Die Didaktik darf nicht von Epistemologie getrennt, beides aber auch nicht vorschnell gleichgesetzt werden.

Damit wird die Frage virulent, welche Epistemologie die Didaktik benötigt, die Forschen und Lernen sinnvoll verbindet. Diese Frage ist für die Wissenschaftsdidaktik insgesamt maßgeblich und lässt sich besser vertiefen, wenn man sich nicht nur Debatten in der Pädagogik, sondern auch der Wissenschaftsphilosophie zuwendet.

3 Historische Epistemologie

Verschiedene Strömungen innerhalb der »historischen Epistemologie« (Rheinberger, 2007), besonders die Arbeiten des Wissenschaftstheoretikers Gaston Bachelards, liefern dazu neue Einsichten, die in der Pädagogik noch wenig Beachtung fanden (Langemeyer, 2020; Ebner von Eschenbach, 2021).

Dass Didaktik – nicht direkt, sondern eher unwillkürlich – eine falsche Philosophie der Wissenschaft nahelegen kann, bildet in der historischen Epistemologie ein nicht nur peripheres Thema. Diese Strömung versteht ihren Gegenstand als Erkenntnispraxis in einem umfassenden Sinn. Bachelard bemerkt im geschichtlichen Rückblick der Entwicklungen der Physik und der Chemie, wie bestimmte philosophische Vorstellungen »spontan« wirken und Voreinstellungen in der wissenschaftlichen Arbeit hervorbrachten (vgl. dazu Althusser, 1985; Rheinberger, 2017, S. 106; Tulat 2018). Insbesondere im Sinne des Vorgehens spielen bestimmte »epistemologische Überzeugungen« eine wichtige Rolle im Erkenntnisprozess, wovon manche jedoch als psychologische »Erkenntnishindernisse« bezeichnet werden müssen (Bachelard, 1938/1984, S. 344). Sie erzeugen für bestimmte begriffliche Ein-

ordnungen, Vorgehensweisen, Erklärungen und (Geltungs-)Annahmen eine gewisse Plausibilität und Selbstverständlichkeit. Genau hier finden sich aber im Nachhinein wesentliche Anteile der Irrtümer, die spätere Forschungen überwunden haben. Als eine »spontane Philosophie« (Althusser, 1985) nehmen Theorien Vorgriffe und Voreinstellungen vor. Die Beziehung zwischen Erkenntnissubjekt und Forschungsobjekt ist deshalb nicht wie bei Descartes ein Verhältnis von an sich unabhängigen Entitäten. Bachelard illustriert dies anhand der Überzeugung, die Objektivität der Erkenntnis werde unvermittelt über das Objekt sichergestellt:

»Es genügt uns, von einem Objekt zu sprechen, um zu glauben, wir seien objektiv.« (Bachelard, 1974, S. 134).

Die (Selbst-)Täuschung erfolgt spontan, d.h. in Form einer Überzeugung, die man im Moment des Handelns (in diesem Fall des Forschens) hat. Sie unterstellt, meist durch die Kraft früherer (Kindheits-)Erfahrungen, dass man jedes Forschungsobjekt – mit Kant gesprochen – als ›Ding an sich‹ ansehen muss. Wird daraus verallgemeinert, dass objektive Wirklichkeit vorsprachlich, vor jeglicher Darstellungs- und Aneignungspraxis als Wirkungsgefüge existiert, erscheint auch der Erkenntnisinhalt im Allgemeinen unabhängig von Begriffen, also unabhängig von ihrer sprachlich vermittelten Darstellung und Vorstellung zu sein. Für Bachelard verkehrt diese Vorannahme jedoch die Subjekt-Objekt-Beziehung im Forschungsprozess, denn »durch unsere erste Auswahl [d.h. der spontane, theoretisch vage Vorgriff auf ein Forschungsobjekt, I.L.] bezeichnet eher das Objekt uns, als dass wir es bezeichnen würden« (Bachelard, 1974, S. 134).

Im Erkenntnisprozess formiert das Erkenntnissubjekt in seinen Spekulationen über das Objekt als erstes sich selbst, aber es erkennt dies und sich nicht. Deshalb wird das Verhältnis von Signifikat und Signifikant psychologisch gesehen umgekehrt und der Subjektstatus im eigentlichen Sinne verfehlt. Die sprachlich-denkende Beziehung zum Erkenntnisobjekt ist deshalb nicht transzendent, sondern immanent. Wechselt man den erkenntnistheoretischen Standpunkt von der Transzendenz zur Immanenz, so wird der Weg über den Irrtum wesentlich, weil sich das Subjekt von seiner ersten Evidenz zunächst befreien muss, wozu es nicht direkt befähigt ist. Die entscheidende Erfahrung liegt nicht im (sachgerechten) Umgang mit dem Erkenntnisobjekt (etwa durch die Wahl einer bestimmten wissenschaftlichen Methode), sondern in der Korrektur der Irrtümer. Denn »die anfängliche Quelle [...] ist trübe: die erste Evidenz ist keine grundlegende Wahrheit« (Bachelard, 1974, S. 134). Gegen die spontanen (Vor-)Urteile und gegen den schwer erschütter-

lichen Glauben, schon genau zu wissen, was für ein Objekt man untersucht und was es für diese Untersuchung braucht, wird Bachelard zufolge ein »epistemologischer Bruch«, ein »Einschnitt« notwendig. Dieser muss die Subjekt-Objekt-Beziehung aus einer bestimmten Denktradition und aus ihrem Geflecht von Selbstverständlichkeiten befreien. Es braucht also mitnichten nur eine »Evidenz« (hier im Sinne der engl. Ausdrucksweise für einen empirischen Nachweis, Beleg). Wie Malte Brinkmann (2020, S. 69) es aus einer phänomenologischen Sicht (ohne Bezug auf Bachelard) beschreibt, geht es darum, wie man sich eine Situation vergegenwärtigt und auf welche Spur man sich bringen lässt. Bachelard fragt, wie es möglich wird, dass man sich über die individuellen und historischen Irrtümer klarer wird. Erst angesichts eines erkannten Irrtums kann man damit beginnen zu reflektieren, in welcher Form das eigene Wissen vorliegt, nach welcher Art von Erfahrung man bewusst und unbewusst gestrebt und in welchen »falschen Evidenzen« man sich dabei bewegt hat.

Nach Rheinberger (2019, S. 190) muss man hier nicht nur dem Gegenstand, sondern auch der Theoriesprache genauer auf den Grund gehen, was eine Art Psychoanalyse der eigenen (Denk-)Bilder ist, d.h., ein Bewusstmachen ihrer unbewussten Anteile im Sinnverstehen und Schlussfolgern: »Das wissenschaftliche Wissen, das Wissen auf dem Weg zum Gegenstand, ist ein ständiger Kampf gegen abgesunkene Metaphern.«

In Bachelards Erfahrungsbegriff findet daher das Unwillkürliche, das Unvorhergesehene, das Unüberlegte und das von Wünschen getriebene Sich-Vorstellen und Träumen einen Platz. All dies ist im Forschungsprozess gefährlich, weil es zu Irrtümern führt. Aber weder darf es (z.B. als den wissenschaftlich unzulässigen Werturteilen Zugehöriges) abstrakt negiert, noch als Quelle neuer Erkenntniswege unterschätzt werden. Rheinberger geht neben sprachlichen Handlungen auch den zahlreichen praktischen Verfahren auf den Grund, insbesondere jenen Tätigkeiten, die oft tentativ an Spuren und Hinweisen vollzogen werden. »Die Frage« der Epistemologie ist bei diesem Ertasten »nicht mehr, wie das erkennende Subjekt seine Gegenstände unverstellt in den Blick bekommen kann, die Frage gilt jetzt vielmehr den Bedingungen, die geschaffen wurden oder geschaffen werden müssen, um Gegenstände unter jeweils zu bestimmenden Umständen zu Gegenständen empirischen Wissens zu machen« (Rheinberger, 2007, S. 12). Forschen bedeutet demnach, Vorgänge und Handlungen neu zu organisieren, so dass etwas Unerwartetes geschehen, aber dennoch zugleich vom Erkenntnissubjekt wahrgenommen und einem Erkenntnisprozess zugeführt werden kann.

Mit seiner Analyse von »Experimentalsystemen« nimmt Rheinberger (2001) solch eigenwillige Momente in den Blick. Er hebt daran die »soziale Vermitteltheit« der Wissenserzeugung hervor und beleuchtet die »Konfigurationen« von Forschung, die jeweils eine »kulturtechnische Vermittlung« darstellen (Rheinberger, 2017, S. 34). In der Biologie etwa sorgen Apparaturen als hergerichtete Laborbedingungen dafür. Petrischalen sind zum Beispiel »Präparationen«, in denen Spuren entstehen sollen. Durch fototechnische Dokumentation werden sie in ein anderes Medium übertragen. Diese »Phänomenotechnik« – Rheinberger greift den Begriff von Bachelard auf – wird als Erfahrungszusammenhang betrachtet, um epistemologische Brüche reflektieren zu können (Rheinberger, 2017, S. 36). Denn »die Wissenschaft [verwirklicht] ihre Objekte [...], ohne sie jemals ganz fertig vorzufinden. Die Phänomenotechnik erweitert die Phänomenologie.« Deshalb verallgemeinert Bachelard: »Ein Konzept wird in dem Maße wissenschaftlich, wie es technisch wird, wie mit ihm eine Technik der Verwirklichung einhergeht« (Bachelard, 1938/1984, S. 111; Hervorh. I.L.).

Die Phänomenotechnik beginnt beispielsweise an Präparationen wie der Petrischale. Dies ist einerseits ein Erkenntnisobjekt der klassischen Art, d.h., es handelt sich um ein Beobachtungsobjekt. Andererseits ist die präparierte Schale aber bereits menschlich veränderte Wirklichkeit. Sie bezeichnet Rheinberger (2015) als eine »Realkonfiguration«: Es zeigt sich z.B., dass ein Bakterienstamm von Bakteriophagen einverleibt wurde. In den Spuren ist dieser bakteriophagische Prozess direkt sichtbar (Rheinberger, 2015, S. 323ff.). Insofern ist die Realkonfiguration keine Darstellung von etwas anderem, das abwesend oder unsichtbar ist. Das epistemische Objekt bezeugt den Prozess und repräsentiert ihn nicht im symbolischen Sinne (ebd., S. 323ff.). Wird anschließend ein Medienwechsel vollzogen, um die Spuren haltbar und zu (Forschungs-)Daten zu machen, beginnen jedoch kulturtechnische Verfahren der Repräsentation. Es werden Daten erzeugt. Auch sie sind noch nicht der Endpunkt eines Forschungsprozesses. Denn mithilfe von dauerhaft gemachten Daten (z.B. Fotos, Abbildungen) können weitere Konfigurationen vorgenommen werden, die allerdings auf einer anderen Ebene stattfinden. Sie stehen in einem medial-sprachlich oder auch in einem mathematisch konfigurierten Raum.

Modelle sind weitere kulturtechnische Mittel der Repräsentation von Forschungsgegenständen. Mit ihnen können andere Handlungen vollzogen werden (ebd., S. 323ff.). Erlaubt das Modell eine Konfiguration von Messdaten, dient es z.B. der Zuführung des Forschungsgegenstands zu mathematischen

Simulationen. Modelle erfüllen zum Teil auch eine – sonst meist vernachlässigte – Funktion für die Erkenntnis, wenn mit ihnen Versuche der Repräsentation scheitern und wenn sie neue Wünsche und Sehnsüchte nach Erkenntnis wecken (ebd., S. 329). Rheinberger resümiert dazu: Models »live from the fact that they leave something to be desired« (ebd., S. 329).

Auf die »besondere Lebensform und Daseinsweise des Wissenschaftswirklichen« in der Forschungspraxis referierend macht Rheinberger (2021, S. 9) deutlich, dass sich jegliches Wissen nicht vollständig von der »materialen Verfasstheit« (S. 8) der Forschungspraxis löst. Zugleich kann es immer nur sprachlich verfügbar gemacht werden, so dass es in der jeweiligen Sprach- und Darstellungspraxis und damit in eine Lebensform eingelassen ist. Deshalb ist nicht nur das Labor, sondern auch das »Schreiben [...] selbst ein Experimentalsystem« (Rheinberger 2006, S. 5). Die oftmals ausgeblendeten Momente von »Spalt und Fuge« (so der Titel seines 2021 veröffentlichten Buches) müssen als Teil der kulturtechnischen Vermittlung in Erinnerung gerufen werden. Man befreit das Wissenschaftsverständnis so nicht nur von der allgemeinen Vorstellung eines einheitlichen sowie objektiven Wissenskanons (vgl. die Diskussion um die »Einheitswissenschaft«), sondern setzt auch das Ideal der Objektivität nicht mehr dichotom dem Subjektiven bzw. der subjektiven Praxis entgegen. All dies bleibt über die (Phänomeno-)Technik und die sprachlichen Darstellungsformen auf eine bestimmte Weise mehr oder weniger direkt damit verbunden, was als Erkenntnis anerkannt wird. Dies betonen Erkenntnistheorien wie die historische Epistemologie, die statt von Transzendenz, von Immanenz der Subjekt-Objekt-Beziehung ausgehen.

4 Wissenschaftsdidaktik

Was bedeutet das nun für die Didaktik? Wissenschaftsdidaktik wurde, wie schon Kirschner et al. und Bereiter bemerkten, von bestimmten Didaktikerinnen und Didaktikern so interpretiert, als könne man curriculare Lernziele und Lehrmethoden aus einem *state of the art* einer Disziplin ableiten. Ein bestimmtes Fachgebiet erscheint wie ein Stillleben. Eingerahmt in ein Gemälde aus wohldefinierten »Wissensstrukturen« (ich übernehme hier den Begriff von von Hentig, 1969, und komme weiter unten darauf zurück) scheint die Disziplin nur das geprüfte und weithin anerkannte Wissen auf einem Gebiet zu repräsentieren. Didaktik bedeutet demnach, die gegebenen Wissensstrukturen »lernbar« zu machen. Die didaktische Aufgabe sei, die Wissensstruk-

turen so *darzustellen*, dass sie durch Lernen in Strukturen (des Gehirns) übersetzbar werden. In dieser Vorstellung schlägt der Konstruktivismus in einen Kognitivismus um.

Ziehen wir hier stattdessen die historische Epistemologie zurate, so gibt es zwischen Realität und ihrer Darstellungen (im Sinne eines didaktisierten Wissens über die Realität) auch die kulturtechnischen Vermittlungen und die Konfigurationen, die zur Erkenntnissuche und zur Gewinnung einer bestimmten Wissens- und Darstellungsform beitragen. Konfigurationen sind Handlungen und ihre Zwischenprodukte (die Rheinberger, wie gesagt, als »Spalt und Fuge« ins Bild setzt). Ihre Aufgabe ist, etwas zu organisieren, zusammenzufügen und anderes aufzubrechen, aufzulösen oder abzutrennen. Sie umfassen mithin sprachlich-symbolische Repräsentationen, aber diese stellen nicht ausschließlich Wissen dar, sondern rücken es in Beziehung zu vielen anderen Dingen des Lebens.

Wissen existiert damit nicht einfach in Form von Repräsentationen, sondern entsteht im Umgang mit verschiedenen Konfigurationselementen und -medien, die Wissen *organisieren*. Jede Forschungs- und Darstellungspraxis kann nur relativ davon getrennt sein. So lässt sich die Einsicht in die Notwendigkeit, dass das Wissen immer »lernbar« zu machen ist (von Hentig, 1969), als eine Schlussfolgerung auf halber Strecke kritisieren. Verkürzt meint das, dass dargestellte Wissensstrukturen nur in andere Darstellungsformen gebracht werden, in denen sie in einem bestimmten (möglicherweise stark vereinfachten) Sinne verständlicher, akzeptierbarer, einsichtiger etc. werden. Hiermit wird auch das Didaktikverständnis verengt. Der Raum, in dem sich die Beziehung zwischen Erkenntnissubjekt und Erkenntnisobjekt abspielt, ist anders und weiter zu fassen. Es gibt verschiedene praktische Momente, wie die des Forschens und des sprachlich-theoretischen Begreifbarmachens, was im nackten Verständnis von Repräsentationsbeziehungen mitunter unkenntlich (gemacht) wird. Das Objekt soll umso »objektiver«, d.h. umso unabhängiger von der subjektiven Tätigkeit in Erscheinung treten – was erreicht wird, wenn es mehr und mehr mit seiner (sprachlichen oder bildlichen) Repräsentation identifiziert wird. Dieses Darstellungsdogma ist auch ein Erbe des cartesianischen Dualismus.

Als von Hentig vor über fünfzig Jahren die These aufstellte, Wissenschaft sei »auf Lerntheorie angewiesen«, »genauer: auf eine Koordinierung von Sachstruktur, in der sich Wissen darstellt, und Lernstruktur, in der Wissen aufgenommen wird, wenn sie ihrem eigenen Fortschritt gewachsen bleiben will« (von Hentig, 1969, S. 13), dann liest sich das so, als würde er den we-

sentlichen Zusammenhang der Erkenntnis auf (kognitive) Repräsentationen reduzieren. Es wäre anzuerkennen, dass es »ein notwendiges Verhältnis zwischen Erkenntnis und Lernen, genauer zwischen Wissensstruktur und Lernstruktur« gebe, da »Wissenschaft [...] das Verfahren« wäre, »durch das ich sichern möchte, dass du siehst, was ich sehe.« (ebd., S. 25) Wenn Erkenntnispraxis jedoch nicht nur Sehen in einem recht banalen Sinn (z.B. bezogen auf eine realistische Abbildung) umschließt, sondern auch eine Vielzahl von Kulturtechniken, die Gegenstände organisieren, konfigurieren und ästhetisch und begrifflich ertasten, dann kommt es nicht nur auf »Verfahren« an, die »sichern« können, dass alle dasselbe sehen.

Es geht vielmehr um ein anderes Sehen, das sich *im Prozess* des Forschens als Einheit von Erkennen und Verändern ereignen kann: Die Frage Bachelards nach der Form des Erkennens im Irrtum reicht weit über eine bloße Übereinstimmung von Erkenntnisurteilen im Sinne eines wissenschaftlichen Konsenses hinaus. Sie rückt das Kulturelle und die Geschichte der Wissenschaften in den Vordergrund.

Unterstellt man hingegen unpersönliche Prinzipien des Lernens (wie sie etwa bei Piaget mit dem Äquilibationsprinzip bestimmt wurden) und rein technische Verfahren der Wissenschaft (etwa Labormethoden oder Kontrollgruppen-Designs), ohne beides an die konfigurierende Praxis der Forschenden und ihre soziale Einlassung in Sprache und sprachliche Praxis zurückzubinden, so ist das Dialektische der Geschichte wie auch das Kulturell-Soziale ausgeblendet. Eine Didaktik, die ihr Selbstverständnis allein aus unpersönlichen Lernprinzipien und aus technischen Forschungsv erfahren zieht, kann letztlich Lernen nicht mit Forschen und Forschen nicht mit Lernen verbinden. Sie changiert zwischen dem Pol technizistischer Forschungsmethoden und dem Gegenpol eines gegenstands- und subjektlosen Lernbegriffs. Sie leugnet die gesellschaftlich-historische Einlassung aller Erkenntnispraxis.

5 Wissenschaftsdidaktik als dialektisches Moment

Für das Brechen mit dem und das Überschreiten des gegebenen Rahmens, den eine Forschungstradition setzt, steht Bachelards Begriff des »epistemologischen Bruchs« (original frz. *le rupture épistémologique*). Dieses »Brechen« ist ein geschichtlicher Einschnitt in Bezug auf die Forschungstradition und ihr Paradigma. Zugleich ist es auch ein Einschnitt (*le coupure épistémologique*) im

Denken, eine *Unterbrechung* einer konkreten Denk- und Lernbewegung. Der epistemologische Bruch bricht eine bestimmte Wissensform auf. Die Herausforderung besteht auf Seiten der Erkenntnissubjekte darin, sich einen Irrtum einzugestehen, und auf Seiten der wissenschaftlichen Gemeinschaft, Verantwortung dafür gesellschaftlich zu übernehmen, um erkannte Fehler zu überwinden.

Dieser Kontext ist nicht hinreichend erfasst, wenn man nur Forschen und Lernen reflektiert. Hinzu kommt das Lehren, oder genauer: die Lehr-Lernbeziehung. Sie gestaltet sich einerseits als persönliche, andererseits sogleich als eine gesellschaftliche Beziehung zwischen verschiedenen Rollen: Experten und Laien, Wissenschaftlerinnen und Studierenden etc.

Die Wissenschaftsdidaktik kann sich daher weder allein auf wissenschaftliche Erkenntnis- noch ausschließlich auf persönliche Lernerfahrungen und -probleme richten. Was Lehrende und Lernende im Forschen gedanklich bewegen, ist ein gemeinsamer Denkhorizont und eine Praxis und Ethik des Forschens, die nicht mehr allein auf einer persönlichen Erfahrung basiert. Die wissenschaftliche Erfahrung geht auf solche Erfahrungen früherer Generationen zurück, deren Relevanz durch Lehrende (aber auch durch andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler) ins Spiel gebracht wird – und die die Aufgabe hat, »der ersten Reflexion [zu widerstehen]« (Bachelard, 1984, S. 360).

Sobald man die Ebene dieser vielfältigen reflexiven Bewegungen wissenschaftlichen Denkens einführt, lässt sich besser verstehen, was die Forschungs- und die Lehr-Lernpraxis verbinden, aber auch voneinander trennen.

Für die Wissenschaft ist die Lehr-Lernbeziehung mit all ihren psychologischen Facetten wichtig, denn die Entwicklung von Wissenschaften vollzieht sich, grob gesagt, in zwei sich widerstrebenden Dimensionen der Verwissenschaftlichung:

- a) Die erste Verwissenschaftlichungsdimension lässt sich darüber beschreiben, dass Forschung Erkenntnisse hervorbringt, die in der geteilten Lebenswirklichkeit Ansehen und Gültigkeit bekommen. D.h. sie sind nicht nur wissenschaftlich anerkannt, sondern werden auch gelebte Praxis und gesellschaftlich in Gesetze, Regelungen, Technologien, Infrastrukturen, Berufsstrukturen usw. eingebaut und daran angepasst. Dies ist die Institutionalisierung von Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung, wodurch unsere gemeinsame Welt verwissenschaftlicht wird. (Womit nicht unterstellt wird, dass alle Institutionen der Gesellschaft

linear aus wissenschaftlicher Forschung resultieren und etwa damit die Gesellschaft zur Wissensgesellschaft oder gar zu einer vernünftigen Gesellschaft machen.)

- b) Die zweite Verwissenschaftlichungsdimension ist mit der Kritik aufs Engste verbunden. Denn die Forschung versucht immer wieder, Irrtümer aufzudecken, mit vor- oder unwissenschaftlichen Theorien aufzuräumen und durch neue Erkenntnisse gesellschaftliche Praxen zu verbessern. Dieser Prozess ist das von Bachelard beschriebene »Brechen« mit dem Alten, was mitunter das Sprengen der vorgefundenen Formen einschließt und von einer neuen Rationalität angetrieben wird, die sich nicht ans Bestehende klammert, sondern es überwinden will.

Beide Momente von Verwissenschaftlichung sind unablässig in der Geschichte einer Disziplin vorhanden. Und sie sind zumindest für jene, die in der Wissenschaft forschen und lehren, auszubalancieren. Man kann als Forschende/r nicht permanent wissenschaftliche Ergebnisse gesellschaftlich zur Geltung bringen, ebenso kann man nicht ausschließlich nur Kritik üben und die Geltung bestehender »Wahrheiten« in Frage stellen. Lehrende, insbesondere, wenn sie zugleich Forschende sind, vollziehen einen Balanceakt zwischen beiden Polen und müssen für ihre Urteile einstehen und dafür Verantwortung übernehmen. Auf diese Weise dienen sie anderen als Vorbild.

Kritik zu üben, bedeutet Unsicherheit, ja mithin Schutzlosigkeit, denn man verhält sich gegenüber anderen im Feld nicht als Verbündeter. Man fasst den Mut, wie Kant es im Anschluss an das lateinische *sapere aude* ausdrückt, sich seines eigenen Verstandes zu bedienen. Sich im Prozess der Institutionalisierung bestimmter wissenschaftlicher Erkenntnisse, Methoden und Ansätzen zu engagieren, ist hingegen viel eher mit Handlungsoptionen verbunden, die Sicherheit bieten. Deshalb dürfte diese Tendenz eher die Oberhand im Wissenschaftssystem behalten gegenüber dem Moment der Kritik. All dies hat eine wichtige Bedeutung für das Lehr-Lerngeschehen im Wissenschaftsbetrieb und fürs Forschen und für die Weiterentwicklung der jeweiligen Wissenschaften, wenn sie an die nächsten Generationen tradiert werden.

Im didaktischen Moment des Lehr-Lerngeschehens kommt also etwas Entscheidendes ins Spiel, was mit der Annahme von feststehenden Wissens- und Lernstrukturen und wohldefinierten Verfahren im Widerspruch steht, weil es nur als etwas Situatives und Kontextuelles gesellschaftlicher Praxis, als Fluss ihrer Veränderung zu begreifen ist: Es geht um das Einnehmen von

Haltungen, Perspektiven und Standpunkten angesichts konkreter Fragen. Es geht um Verantwortungsübernahme.

6 Konfigurationen als didaktisches Moment

Kommen wir nun auf die Rolle der »epistemologischen Überzeugungen« in solchen konfiguralen und konzeptionellen Arbeitsformen in Forschungs- und Erkenntnisprozessen zurück. Bachelard (1984) geht davon aus, dass unreflektierte Überzeugungen zu einem »psychologischen Erkenntnishindernis« werden. Wiederholt etwa die (Fach-)Didaktik des Schulunterrichts die Haltung: »denkt, misst, zählt, misstraut dem Abstrakten, der Regel«; und: »begeistert die jungen Leute fürs Konkrete, für die Tatsachen«, dann führt sie »das Denken vom schlecht gesehenen Phänomen« zu einer »schlecht gemachten Erfahrung« (Bachelard, 2017, S. 8). Man übersieht, wie bei der modernen Erkenntnisform das Gedankenkonkretum, also die sprachlich dargestellte Erkenntnis, dem Phänomen (seiner ersten Erscheinungsform) widerspricht. Eine Didaktik, die der modernen Erkenntnisform gerecht wird, braucht deshalb die Einsicht, dass »die Prinzipien der Intuition und der Prinzipien des Verstandes« gar nicht so simpel übereinstimmen (vgl. Bachelard, 1980, S. 126; Langemeyer, 2020, S. 148) und dass die Annahme eines Parallelismus zwischen geschichtlicher und individueller Entdeckung in manchen Hinsichten irreführend ist. Erkenntnis kann nicht nur (einfach) dargestelltes Wissen sein, sondern ist ganz wesentlich eine *Erfahrung* mit der forschenden Arbeit, bei der man das Urteilen aufschieben und vom spontan eingenommenen Standpunkt zurücktreten muss (vgl. Brinkmann, 2020, 76f.), um mit dem Unstimmigen umzugehen und Irrtümer zu korrigieren. Dies ist eine kulturtechnische und zugleich eine begrifflich-theoretische Arbeit, die man erlernen muss. Gegen die persönlichen Überzeugungen, die durch die Alltagserfahrung bestärkt werden, entwirft Bachelard deshalb eine Didaktik für die »Bildung des wissenschaftlichen Geistes« (so der Titel seines Hauptwerkes).

Diese Didaktik stellt die Korrektur der Irrtümer ins Zentrum und zwar nicht nur die individuellen, sondern auch die in der Wissenschaftsgeschichte. Sie entspricht der »Philosophie des Nein« (Bachelard, 1940/1980; 1938/1984, S. 70). Beispielsweise hätten Physiker im 18. und 19. Jahrhundert zunächst versucht, nach dem Vorbild der Beobachtungswissenschaften, »die elektrischen Eigenschaften mit unmittelbar sichtbaren Eigenschaften in Verbindung zu bringen.« Sie stellten so Analogien zwischen der stofflichen

Materie und der Elektrik her. Wie in vielen anderen Fällen sind Analogien jedoch nicht in jeglicher Hinsicht treffend. Solches zeigt im geschichtlichen Rückblick, dass der Kunstgriff der erklärenden Veranschaulichung an Beispielen zugleich intuitive Vorgriffe nahelegt: »Intellektuelle Gewohnheiten, die nützlich und gesund waren, können die Forschung auf die Dauer behindern. ›Unser Geist‹, sagt Bergson ganz richtig, ›neigt unwiderstehlich dazu, die Idee für klar und richtig zu halten, die ihm am häufigsten dient.‹ Die Idee gewinnt falsche innere Klarheit.« (ebd., S. 48) Bachelard plädiert deshalb dafür, schon in der Schule didaktisch anders anzusetzen. Wenn Lehrende nach der Vorstellung unterrichteten, »der Geist verfare nach dem Muster einer Schullektion, [...] man könne eine Erklärung verständlich machen, indem man sie Punkt für Punkt wiederholt« (ebd., S. 52), dann würde das Formen der eigenen Erfahrung nicht kritisch reflektiert. »Es geht [...] nicht darum, eine erfahrungsorientierte Bildung zu *erwerben*, sondern sie zu *wechseln*, die Hindernisse beiseite zu räumen, die das tägliche Leben bereits aufgehäuft hat.« (ebd., S. 52) Man müsse dem »*farbenprächtigen Empirismus*«, es gäbe »nichts zu begreifen, man braucht nur zu schauen« (ebd., S. 68), seine Verführungskraft entziehen, was eben nicht nur eine Aufgabe der Forschung, sondern auch der Didaktik sei. Diese müsse immer wieder zeigen, dass eine »Erfahrung, die keinen Irrtum richtigstellt, die schlicht und ohne Debatte wahr ist«, vollkommen unnütz ist (ebd., S. 44). »Eine *wissenschaftliche Erfahrung*« sei unabdingbar »eine Erfahrung, die der gewohnten Erfahrung *widerspricht*.« (ebd., S. 44) Dieses Widersprechen ist notwendigerweise eingebettet in eine soziale Beziehung zwischen Lehrenden und Lernenden. Widerspruch zu erfahren, ist eine Erfahrung mit Erkenntnishindernissen. Sie ist ein persönlicher Lernprozess, der an epistemologischen Brüchen der Wissenschaftsgeschichte anschließen kann.

Experimentalsysteme und Konfigurationen sind insofern nicht nur für Forschungsgegenstände wichtig, um sie lern- und verfügbar zu machen. Es braucht auch jene »Philosophie des Nein« (Bachelard, 1940/1980). Das Erfahren der Erfahrungen mit »epistemologischen Brüchen« ist aber kein planvoll erreichbares Ziel, sondern ein Ereignis. Die Lehr-Lernbeziehung muss dazu die Bereitschaft, sich mit Irrtümern zu konfrontieren und den ersten Erfahrungen zu widersprechen, *kultivieren* (vgl. Ebner von Eschenbach, 2021), was eine Beziehung der Gleichberechtigung und der Wechselseitigkeit einschließt: »*wer unterrichtet wird, muss auch unterrichten*. Ein Unterricht, den man erhält, ohne ihn umzusetzen, bildet einen Geist heran, der keine Dynamik und keine Selbstkritik besitzt« (Bachelard, 1984, S. 351).

7 Abschließende Bemerkung

Epistemologie und Didaktik als getrennte Gebiete anzusehen, wird einer Wissenschaftsdidaktik, die den Weg der modernen Wissenschaften reflektiert, nicht gerecht. Diese Voreinstellung begünstigt nicht nur das Wissenschaftsverständnis eines naiven Empirismus. Darin liegt auch die Gefahr eines zementierten Weltbilds, nutzbar für Herrschaftszwecke und für die Durchsetzung von Machtinteressen mittels Wissenschaft (vgl. Drori & Meyer, 2006). Ferner sorgt die Didaktik des naiven Empirismus dafür, dass nachkommende Generationen einen Utilitarismus für selbstverständlich halten, wonach Forschung immer einen erkennbaren Nutzen erbringen und sich zugleich in planbare und zielgerichtet didaktisierte Lehr-Lernformen fügen müsse. Die von Bachelard gemeinte Wissenschaftsdidaktik muss sich hingegen der Einsicht stellen, dass wissenschaftliche Gemeinschaften einer Instrumentalisierung von Wissenschaft und Forschung hinreichend kritisch gegenüberstehen. In der Debatte von Kirschner et al. und Bereiter sind einige Aspekte verkürzter Vorstellungen von Erkenntnis und Wissenschaft deutlich worden. Keine Wissenschafts-, keine Fachdidaktik sollte sich deshalb ausschließlich als angewandte Wissenschaft verstehen. Didaktik gehört, wie die Methodik, zum Wissenschaftswirklichen (Rheinberger), zu den eigenwilligen Momenten der Praxis und der Sprache, wodurch Menschen zueinander und zur Wirklichkeit in Beziehung treten, um zu widersprechen, Neues zu entwickeln und Verantwortung dafür zu übernehmen. Dies wäre auch für eine wissenschaftsdidaktische Haltung beim forschenden Lernen essenziell. Seine didaktische Basis darf darum nicht Borniertheit pflegen, sondern muss zur Lebendigkeit der Erkenntnis und zur Verantwortung in der Wissenschaft beitragen.

Literatur

- Althusser, L. (1985). *Philosophie und spontane Philosophie der Wissenschaftler*. Hamburg: Argument Verlag.
- Bachelard, G. (1974). *Epistemologie. Ausgewählte Texte*. Frankfurt a.M.: Ullstein.
- Bachelard, G. (1980). *Die Philosophie des Nein. Versuch einer Philosophie des neuen wissenschaftlichen Geistes*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp. (Original erschienen 1940)

- Bachelard, G. (1984). *Die Bildung des wissenschaftlichen Geistes. Beitrag zu einer Psychoanalyse der objektiven Erkenntnis*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp. (Original erschienen 1938)
- Bachelard, G. (2017). *Surrationalismus*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Bellmann, J. (2020). »Teacher as Researcher«? Forschendes Lernen und die Normalisierung des pädagogischen Blicks. In M. Brinkmann (Hrsg.), *Forschendes Lernen: Pädagogische Studien zur Konjunktur eines hochschuldidaktischen Konzepts* (S. 11-37). Wiesbaden: Springer VS.
- Bereiter, C. (2016). *The epistemology of science and the epistemology of science teaching*. Singapore: International Society of the Learning Sciences.
- Brinkmann, M. (2020). Zum Verhältnis von Lernen und Forschung im Studium – Bildungstheoretische, didaktische und phänomenologische Perspektiven. In M. Brinkmann (Hrsg.), *Forschendes Lernen: Pädagogische Studien zur Konjunktur eines hochschuldidaktischen Konzepts* (S. 61-83). Wiesbaden: Springer VS.
- Bruner, J.S. (2009). *The process of education*. Cambridge: Harvard University Press. (Original erschienen 1960)
- Dewey, J. (1989). *Demokratie und Erziehung*. Weinheim: Beltz. (Original erschienen 1916)
- Dewey, J. (1997). *Experience & education: The Kappa Delta Pi lecture series*. New York: Simon & Shuster. (Original erschienen 1938)
- Ebner von Eschenbach, M.E. (2021). Zur »culture continuée« Gaston Bachelards. *Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 44(1), 23-42.
- Euler, D. (2005). Forschendes Lernen. In W. Wunderlich & S. Spoun (Hrsg.), *Studienziel Persönlichkeit. Beiträge zum Bildungsauftrag der Universität heute*. Frankfurt: Campus.
- Festl, M.G. (Hrsg.). (2018). *Handbuch Pragmatismus*. Stuttgart: Metzler.
- Hmelo-Silver, C.E., Duncan, R.G. & Chinn, C.A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller and Clark. *Educational psychologist*, 42(2), 99-107.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Huber, L. & Reinmann, G. (Hrsg.). (2019). *Vom forschungsnahen zum forschenden Lernen an Hochschulen. Wege der Bildung durch Wissenschaft*. Berlin: Springer VS.
- Kaiser-El-Safti, M. (2003). *Einführung zum »Lehrbuch zur Psychologie« von Johann Friedrich Herbart (V-LXVII)*. Würzburg: Königshausen und Neumann.

- Kaufmann, M.E., Satilmis, A. & Mieg, H.A. (Hrsg.). (2019). *Forschendes Lernen in den Geisteswissenschaften*. Wiesbaden: Springer VS.
- Kirschner, P. (2009). Epistemology or pedagogy, that is the question. In S. Tobias & T.M. Duffy (Eds.), *Constructivist instruction: Success or failure?* (pp. 144-157). London: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Kirschner, P., Sweller, J. & Clark, R.E. (2004). Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning, experiential learning and inquiry-based learning. https://www.asec.purdue.edu/LCT/HBCU/documents/Analysis_of_the_Failure_of_Discovery_PBL__Experiential_Inquiry_Learning.pdf
- Kirschner, P., Sweller, J. & Clark, R.E. (2006). Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning, experiential learning and inquiry-based learning. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Langemeyer, I. (2019). Models for Investigating and Developing Research-Driven Learning in Science Education. Outlines. *Critical Practice Studies*, 20(1), 71-94
- Langemeyer, I. (2020). Bildungsprozesse in der Wissenschaft. Gaston Bachelards »fein gewirkte Pädagogik«. In P. Tremp & B. Eugster (Hrsg.), *Klassiker der Hochschuldidaktik?* (S. 143-156). Wiesbaden: Springer.
- Lazonder, A.W. & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of educational research*, 86(3), 681-718.
- Litowitz, B.E. (1993). Deconstruction in the Zone of Proximal Development, In E.A. Forman, N. Minick & C.A. Stone (Eds.), *Contexts for Learning* (pp. 184-196). New York: Oxford University Press.
- McMullin, E. (1985). »Galilean Idealization«. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 16, 247-73.
- Mieg, H.A. & Lehmann, J. (Hrsg.). (2017). *Forschendes Lernen: Wie die Lehre in Universität und Fachhochschule erneuert werden kann*. Frankfurt a.M.: Campus-Verlag.
- Oelkers, J. (2018). Pädagogik. In M.G. Festl (Hrsg.), *Handbuch Pragmatismus* (S. 178-185). Stuttgart: Metzler.
- Piaget, J. (1970/1973). *Einführung in die genetische Erkenntnistheorie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Rheinberger, H.J. (2001). *Experimentalsysteme und epistemische Dinge: eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*. Göttingen: Wallstein Verlag.

- Rheinberger, H.J. (2006). *Über die Kunst, das Unbekannte zu erforschen*. <http://do-cplayer.org/44981498-Ueber-die-kunst-das-unbekannte-zu-erforschen.html> [2.5.2022]
- Rheinberger, H.J. (2007). *Einführung in die historische Epistemologie*. Hamburg: Junius.
- Rheinberger, H.J. (2015). Preparations, models, and simulations. *History and philosophy of the life sciences*, 36(3), 321-334.
- Rheinberger, H.J. (2017). Historische Epistemologie. In M. Sommer, S. Müller-Wille, C. Reinhardt (Hrsg.), *Handbuch Wissenschaftsgeschichte* (S. 32-45). Stuttgart: Metzler.
- Rheinberger, H.J. (2019). Bemerkungen zu Gaston Bachelards Idee einer Psychoanalyse der Erkenntnis. *Internationales Jahrbuch für Philosophische Anthropologie*, 8(1), 185-192.
- Rheinberger, H.J. (2021). *Spalt und Fuge. Eine Phänomenologie des Experiments*. Berlin: Suhrkamp.
- von Hentig, H. (1969). *Wissenschaftsdidaktik. Referate u. Berichte zur Tagung des Zentrums für Interdisziplinäre Forschung der Univ. Bielefeld am 11. u. 12. April 1969*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

