

Phänomenologie in der Naturwissenschaft

Herausgegeben von Lutz-Helmut Schön und Johannes Grebe-Ellis
Humboldt-Universität zu Berlin / Bergische Universität Wuppertal

Mit der Reihe «Phänomenologie in der Naturwissenschaft» soll ein Forum für Arbeitsansätze in den Naturwissenschaften und ihren Didaktiken geschaffen sein, denen der Verzicht auf reduktionistische Konzeptionen von Natur und anstelle dessen das «Geltenlassen der Erscheinungen» gemeinsam ist.

Berücksichtigt werden sollen insbesondere

- phänomenologische Erschließungen einzelner Fachgebiete in den Naturwissenschaften
- didaktische Entwürfe von naturwissenschaftlichem Unterricht mit phänomenologischem Ansatz
- historische und erkenntniskritische Darstellungen phänomenologischer Naturzugänge

Band 14

Lutz-Helmut Schön, Susanne Lesk (Hrsg.)
„Retten uns die Phänomene?“
Lehren und Lernen im Zeitalter der Digitalisierung

Logos Verlag Berlin

Lutz-Helmut Schön, Susanne Lesk (Hrsg.)

„Retten uns die Phänomene?“

Lehren und Lernen im Zeitalter der Digitalisierung

Symposium an der Universität Wien
Zentrum für LehrerInnenbildung
Februar 2018

Logos Verlag Berlin

Inhalt

Vorwort	3
Inhalt.....	5
LUTZ-HELMUT SCHÖN & SUSANNE LESK	
Idee und Zielsetzung des Symposiums: „Retten uns die Phänomene?“ – Lehren und Lernen im Zeitalter der Digitalisierung	7
KÄTE MEYER-DRAWE	
Im Netz: Lernen in einer digitalisierten Welt.....	13
MARJO KYLLÖNEN	
Education for the future – Phenomenon based learning as a tool to promote 21st century skills	25
ULRICH KORTENKAMP	
Digitalisierung: Untergang der Phänomene oder eine Chance für Magie?	27
MARIO GERWIG & ULRICH KORTENKAMP	
Eigenverantwortung statt Hierarchie: Der Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht kann nur situationsbezogen beurteilt werden.....	39
MARC MÜLLER	
Phänomen und Praktik: Kriterien zur Ergänzung phänomenbasierten NaWi-Unterrichts durch digitale Medien.....	45
BENJAMIN WALLNER	
Protokoll der Arbeitsgruppe Naturwissenschaften.....	59
GEORG GOMBOS	
Mehrsprachigkeit, Translanguaging und Phänomenologie – erste Überlegungen	63
EVA VETTER & DENIS WEGER	
Einblick in die Sektion „Fremde und andere Sprachen“	75
VOLKER FREDERKING	
Phänomenbasierte fachliche Bildung im Zeichen der Digitalisierung am Beispiel des Faches Deutsch.....	77
STEFAN KRAMMER & MATTHIAS LEICHTFRIED	
Die Phänomene der Digitalisierung im Deutschunterricht.....	93
THOMAS HELLMUTH & CHRISTINE OTTNER-DIESENBERGER	
Phänomenologische Geschichtsdidaktik und digitales Lernen? Theoretische und praxisbezogene Überlegungen	99
ROBERT SCHELANDER	
Mit (religiösen) Objekten unterrichten.....	113
PAUL GEORG GEIB	
Protokoll der Arbeitsgruppe Religion	123
JOSEF BUCHNER	
Workshop: Geschichte erleben mit Augmented und Virtual Reality	127
MARC EYER & HANS CHRISTOPH BERG	
Workshop: „Am Anfang brauchen wir ein erstaunliches Phänomen, ein sonderbares...“	137

AURORA FLORIDIA	
Workshop: "Sich selbst eine Stimme in der Fremdsprache geben" – Wege zum kommunikativen Sprachunterricht – Erlebnisorientierte Einführung in die PDL Methode.....	147
MARIO GERWIG	
Workshop: Begegnung mit dem Beweisen. Ein kulturell passender Mathematikunterricht zum Satz des Pythagoras.....	153
HUBERT GRUBER	
Workshop: Lehren und Lernen in musikalischen Begegnungs- und Beziehungsräumen	161
MARKUS GUTMANN	
Workshop: Integrative Outdoor-Aktivitäten® – Der Weg hinaus	167
SUSANNE MITTERHUBER	
Workshop: Der leere Raum	179
STEPHAN SCHMIDLIN	
Workshop: Die Zeitung in der Schule Mit dem Lehrstück „Unsere Abendzeitung“ phänomenbasiert unterrichten	183
ANNA WALCHER	
Workshop: Capoeira – eine brasilianische Kampfkunst	187
Kommentare	193
Autorinnen und Autoren.....	205

Idee und Zielsetzung des Symposiums: „Retten uns die Phänomene?“ – Lehren und Lernen im Zeitalter der Digitalisierung

LUTZ-HELMUT SCHÖN & SUSANNE LESK

Im vorliegenden Beitrag wollen wir zunächst die inhaltliche Grundidee und die vorrangigen Ziele des Symposiums erläutern. Wir geben einen Überblick über den Entstehungszusammenhang des gewählten Titels und Themas, bevor wir schließlich im zweiten Abschnitt den strukturellen Aufbau und die besondere Arbeitsweise während des Symposiums präsentieren. An dieser Stelle wird auch das inhaltliche Zusammenspiel von Plenarvorträgen, Impulsreferaten und Arbeitsgruppen, sowie fächerübergreifenden Impulsen (Workshops) illustriert. Der interaktive Charakter, der die Standpunkte und Erfahrungen der TeilnehmerInnen in einzelnen Formaten stark in den Vordergrund stellt, wird vorgestellt.

1 Zielsetzung

Mit seinem vielzitierten Vortrag „Rettet die Phänomene!“¹ hat Martin Wagenschein 1972 auf eine Entwicklung im Physikunterricht aufmerksam machen wollen, welche mehr und mehr abprüfbares Formelwissen in das Zentrum des Unterrichts stellt. Die Messgeräte und Lehrmittel für den Physikunterricht verstärken diese Entwicklung, indem Messungen automatisiert und Auswertungen erleichtert werden und ohne mühsame Arbeitsschritte erfolgen können. Wagenschein arbeitet an verschiedenen Beispielen heraus, dass durch eine Reduzierung des Unterrichts auf das Messen und das Messbare der Bildungsgehalt der Physik verloren gehen könne: Die Ideen und Konzepte der Physik sind nicht aus Messungen hervorgegangen, sondern bedurften einer intensiven intellektuellen Auseinandersetzung mit der unmittelbaren Erscheinung, mit dem Phänomen, an deren Ende Einsichten in die Zusammenhänge standen. Selbstverständlich kommt der Physikunterricht nicht ohne Phasen rascher Mitteilung und vereinfachter Messungen aus. Aber wer das Wesen der Physik verstehen will, der muss ein Stück weit diesen beschwerlichen Weg vom Phänomen zur Einsicht gehen, so die Botschaft Martin Wagenscheins, nicht in jeder Unterrichtsstunde aber doch immer wieder einmal und bei sorgfältig ausgewählten Beispielen, eben „exemplarisch“ (vgl. Wagenschein 1977).

Vor einer ähnlichen Situation wie seinerzeit der Physikunterricht steht heute die ganze Schule. Die Digitalisierung und die Neuen Medien erlauben mühelos schnelle und weitreichende Zugriffe auf unfassbar große Wissensbestände. Der beschwerliche Weg der Erarbeitung neuen Wissens kann heute extrem verkürzt werden.

Der Titel des Symposiums nimmt den Titel des Aufsatzes von Martin Wagenschein auf und wendet seine Forderung „Rettet die Phänomene!“ in die Frage „Retten uns die Phänomene?“²

¹ Wagenschein, Martin. Rettet die Phänomene! In zahlreichen Sammelbänden veröffentlicht, heute am besten zugänglich über das Wagenschein Archiv. Abrufbar unter: <http://www.martin-wagenschein.de/2/2-1.htm>, dort unter: <http://www.martin-wagenschein.de/2/W-204.pdf> (Stand: 16:09.2019)

² Heinz Muckenfuß hat den Titel „Retten uns die Phänomene?“ für einen Beitrag gewählt, in welchem er den Konflikt diskutiert, der sich aus der Forderung nach „Steigerung der Effizienz“ für einen an den

Klingler, Wolfram. 2018. *Die Parallelen zwischen Digitalisten und den Fanatikern anderer Religionen sind auffallend.* In: NZZ vom 8.1.2018. Abrufbar unter: <https://www.nzz.ch/feuilleton/der-neue-radikale-maschinenkult-ld.1333707> (Stand: 01.09.2018).

Kortenkamp, Ulrich. 2012. *Stellenwerttafel. Application für iOS.* Abrufbar unter: <https://itunes.apple.com/de/app/place-value-chart/id568750442?l=de&mt=8> (Stand: 18.09.2018).

Ladel, Silke/Kortenkamp, Ulrich. 2014. Tätigkeitsorientiert zu einem flexiblen Verständnis von Stellenwerten – Ein Ansatz aus Sicht der Artefact-Centric Activity Theory. In: Ladel, Silke/Schreiber, Christof. (Hg.) 2014. *Von Audiopodcast bis Zahlensinn (Band 2)). Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien.* Münster: WTM Verlag, 151-176.

Ladel, Silke/Kortenkamp, Ulrich. 2015. Dezimalbrüche und Stellenwerttafeln. In Calouri, Franco/Linneweber-Lammerskitten, Helmut/Streit, Christine. (Hg.) 2015. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2015. Vorträge auf der 49. Tagung für Didaktik der Mathematik in Basel.* Münster: WTM Verlag.

Wagenschein, Martin. 2009. *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge. Das Wagenschein-Studienbuch.* Bern: hep-Verlag.

Zierer, Klaus. 2018. *Technik hat dem Menschen zu dienen. Nicht umgekehrt und auch nicht gleichgestellt. Das gilt insbesondere in der Pädagogik und damit an den Schulen.* In SZ vom 24.2.2018. Abrufbar unter: <https://www.sueddeutsche.de/bildung/digitalisierung-der-schule-technik-hat-dem-menschen-zu-dienen-1.3880748> (Stand: 01.09.2018).

Phänomen und Praktik: Kriterien zur Ergänzung phänomenbasierten NaWi-Unterrichts durch digitale Medien

MARC MÜLLER

1 Einleitung

Nicht nur im gesellschaftlichen, sondern auch im akademischen Diskurs scheint es inzwischen ausgemacht zu sein: „Digitale Ressourcen wie Computer, interaktive Whiteboards, Smartphones oder Tablets bieten großes Potenzial, um den naturwissenschaftlichen Unterricht zu bereichern.“ (Meßinger-Koppelt/Schanze/Groß 2017:7) Hinzu kommt, dass „Lernende aus der alltäglichen Anwendung zunehmend Vertrautheit mit Smartphones und Tablets“ besitzen (ebd.). Da muss es für die aktuelle Fachdidaktik als Ansporn gelten, wenn bei der Frage „nach dem Einsatz von Computern im Schulunterricht“ ein Land wie „Deutschland nach Studien wie z. B. ICILS¹ im Vergleich zu anderen Ländern deutlich im Hinterfeld“ rangiert (ebd.). Trotzdem lässt sich fragen, *worin* das große Potenzial digitaler Ressourcen eigentlich besteht, *wieso* eine Vertrautheit mit zweckdienlichen Alltagsgeräten (nicht zu verwechseln mit Alltagsphänomenen) quer durch die ausdifferenzierten Schulfächer hindurch bereichernd ist und mit *welcher* pädagogischen Expertise politische Institutionen internationale Vergleichsstudien zu Fragen zukünftiger Bildung beauftragen, publizieren und interpretieren.

Wer weniger spezielle Antworten bevorzugt, fragt vielleicht nach der *Wirksamkeit digital unterstützten Lernens* überhaupt. Heike Schaumburg hat anhand einer Reihe internationaler Meta-Analysen eindrucksvoll dargestellt, was wir „aus inzwischen mehr als 40 Jahren Forschung über die Lernwirksamkeit digitaler Medien im Klassenzimmer wissen“ (Schaumburg 2018:27). Wir wissen tatsächlich sehr viel und das meiste davon ist eher ernüchternd. Allein in die Hattie-Studie von 2009 gingen zum Faktor der *computer-assisted instruction* als einem von mehreren Konzepten digitalen Lernens bereits 81 Meta-Studien mit insgesamt fast 4 Millionen Probandinnen und Probanden ein, deren gemeinsame Effektstärke mit 0,37 allerdings unterdurchschnittlich ausfällt (vgl. Hattie 2009).² Nicht zuletzt deshalb, weil zu erwarten ist, dass neuere Studien mit moderneren digitalen Medien bessere Ergebnisse liefern, bespricht Schaumburg vorrangig jüngere Metaanalysen (vgl. Schaumburg 2018:29-

¹ Gemeint ist The International Computer and Information Literacy Study (ICILS) (siehe Fraillon u. a. 2014; Bos u. a. 2014). In dem knappen Interpretationsband der Europäischen Kommission zur Studie heißt es: „The International Computer and Information Literacy Study (ICILS) is an important new contribution to this knowledge base on digital competences and the integration of technology in teaching and learning. The study is carried out by the International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), and supported by the European Commission's Directorate-general for Education and Culture. ICILS is the first ever internationally comparable study assessing students' computer and information literacy. 60,000 eight graders in more than 3,300 schools from 21 education systems, including 9 EU countries, were surveyed and assessed.“ (European Commission Directorate General for Education and Culture 2014:5).

² Die mittlere Effektstärke 0,4 aller in der Hattie-Studie angeführten Meta-Analysen markiert zugleich die Schwelle, die pädagogische Maßnahmen überschreiten sollten, um als für den Unterricht bedeutsam gelten zu dürfen (vgl. Hattie 2009). Als besonders lernförderlich hat sich beispielsweise persönliches Feedback erwiesen (0,75 – Rang 10 von 138), als überraschend wenig lernförderlich hat sich beispielsweise problembasiertes Lernen erwiesen (0,15 – Rang 118 von 138) (vgl. Zierer 2015). Zierer fasst die Befunde u. a. so zusammen: „Die erfolgreiche Lehrperson agiert wie ein Regisseur.“ (ebd.:91)

38). Beispielsweise erreichen Tablet- und Laptopklassen geringe bis mittlere Effektstärken (0,23 bzw. 0,12 - 0,5) und es pendelt sich der Einsatz mobiler Geräte insgesamt im mittleren Bereich ein (0,52); für interaktive Whiteboards wiederum konnte gar keine signifikante Effektstärke angegeben werden. Insgesamt, so Schaumburg, wirkt sich der Einsatz digitaler Medien durchaus positiv auf die Lerneffektivität des Unterrichtes aus, wenn auch mit eher geringer Effektstärke. Zudem wird das Potenzial insbesondere in einem schülerzentriertem Unterricht ausgeschöpft. Vor allem entscheidend ist aber die Lehrkraft hinsichtlich ihrer Motivation sowie der Vorbereitung und Begleitung des Unterrichtes mit digitalen Medien.

Es lässt sich jedenfalls feststellen, dass das eingangs hervorgehobene „große Potenzial“ digitaler Ressourcen zur Bereicherung naturwissenschaftlichen Unterrichtes bisher nicht gerade mit dem Hinweis auf empirische Untersuchungen versprochen werden kann. Viel eher künden empirische Untersuchungen von dem besonderen Potenzial ganz bestimmter Lehrpersonen, nämlich solcher, die in einer „Lehrerrolle als Regisseur“ agieren (vgl. Zierer 2015:87-95):

Pädagogische Expertise wird sichtbar, indem das Handeln der Lehrperson durch Fürsorge, Kontrolle und Klarheit im Handeln gekennzeichnet ist, der Unterricht Herausforderungen bietet, Faszination auslöst, dabei den Meinungen der Schülerinnen und Schüler Gehör verleiht und zu solidem Wissen führt. (Zierer 2015:90 & 93)

Im Vergleich zu den positiven Auswirkungen einer solchen Lehrhaltung auf die *Tiefenstruktur* des Unterrichtes ist zu befürchten, dass sich der Einsatz digitaler Medien eher auf der Ebene der *Sichtstruktur* bewegt. Vielleicht lohnt es deshalb, den Einsatz digitaler Medien an die Erfüllung unterrichtsrelevanter Kriterien zu koppeln. Auf den nächsten Seiten versuche ich, für einen phänomenbasierten NaWi-Unterricht solche Kriterien für den Bereich der Physik zu erarbeiten. Dazu beschäftige ich mich zuerst mit einem Grundproblem phänomenologischer Naturwissenschaft, die den Kontext für die Entwicklung phänomenbasierten NaWi-Unterrichts bildet, diskutiere dann eine Lösung des Problems und entwickle schließlich vor ihrem Hintergrund die fraglichen Kriterien.

2 Zum Verhältnis von Wahrnehmung und Theorie

Die Frage, wie digitale Medien einen phänomenbasierten Unterricht bereichern können, muss vor dem Hintergrund methodischer Überlegungen zu einem solchen Unterricht beantwortet werden. Passend zum Titel unseres Symposiums *Retten uns die Phänomene?* lässt sich mit dem gleichlautenden, kritischen Aufsatz von Heinz Muckenfuß direkt in die zugehörige fachdidaktische Debatte springen und ein methodisches Grundproblem formulieren (vgl. Muckenfuß 2000).

Muckenfuß bezieht sich in seinem Aufsatz auf Martin Wagenschein als derjenigen Autorität, mit der bis heute im deutschsprachigen, akademischen Raum ein an Phänomenen orientierter Physikunterricht am stärksten verknüpft ist. Wagenscheins fachdidaktisches Anliegen kann durch die knappe Formel *Von der Wahrnehmung zur Physik* umrissen werden (vgl. Wagenschein 2009). In seiner *Pädagogischen Dimension der Physik* heißt es beispielsweise:

Versuchen wir die Kluft zwischen Schulphysik und Kind, die also weder durch die Natur der Physik noch die des Kindes gerechtfertigt ist, sondern wohl mehr

ein historisches Unglück genannt werden kann, versuchen wir sie zu verhüten, so brauchen wir *ein behutsames Erwecken der physikalischen Haltung aus den ursprünglichen Phasen des kindlichen Naturverhältnisses*. (Wagenschein 1995:109; Hervorhebung im Original)

In Wagenscheins Auffassung erkennt Muckenfuß die Vorstellung, dass sich „[d]ie naturwissenschaftliche Erkenntnis [...] als besonderer Aspekt der Weltbetrachtung *nahtlos* an die unmittelbare Wahrnehmung der Phänomene“ anschließt (Muckenfuß 2000:10; Hervorhebung im Original). Dagegen entfaltet er an Beispielen vier prinzipielle Einwände: i) In phänomenologischen Texten, so Muckenfuß, werden fachliche Aspekte häufig durch geschickte sprachliche Formulierungen „ins Denken geschmuggelt“, wodurch überspielt wird, dass sie eben doch nicht „phänomenologisch oder logisch evident“ sind (ebd.). ii) Physikalische Erklärungen ruhen auf physikalischen Konzepten und diese ergeben sich gerade nicht aus der Wahrnehmung. iii) Es besteht generell eine bemerkenswerte Diskrepanz zwischen den Wahrnehmungsphänomenen selbst und ihren physikalischen Beschreibungen, weshalb die Physik erstere „bezüglich der zugeschriebenen physikalischen Eigenschaften nicht vollständig erklären“ kann und, so könnte man hinzufügen, auch nicht erklären muss (ebd.:12). iv) Viele naturwissenschaftliche Phänomene sind zudem gar nicht unvermittelt wahrnehmbar und würden somit, so Muckenfuß, in einem konsequenten phänomenologischen Physikunterricht fehlen. Als „Antithese zu Wagenscheins Auffassung“ gilt daher für Muckenfuß abschließend: „Weder die Physik noch die anderen Naturwissenschaften entstehen als kontinuierliche Fortentwicklung der Einsichten, die sich aus der unbefangenen Wahrnehmung der Phänomene ableiten lassen.“ (ebd.:10).

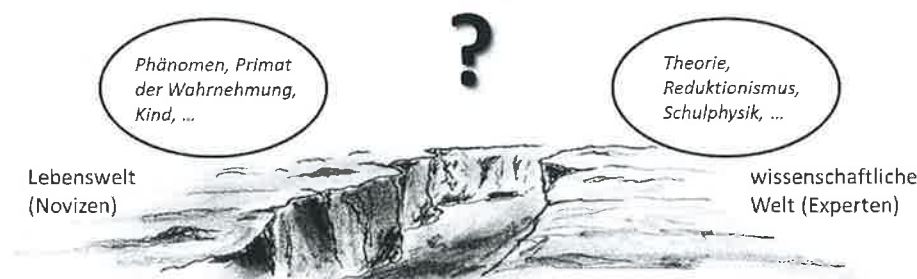


Abb. 1: Das Grundproblem phänomenologischer Naturwissenschaft (als Kontext für die Entwicklung phänomenbasierten NaWi-Unterrichts) besteht in der Frage, was zwischen Phänomen und Theorie liegt.

Obwohl Muckenfuß gegen Wagenscheins Vorstellung argumentiert, greift er doch implizit dessen Metapher von der zu überbrückenden Kluft zwischen der Lebenswelt der Lernenden und der wissenschaftlichen Welt der Expertinnen und Experten wieder auf. Während Wagenschein jedoch von der linken Seite her argumentiert und Lösungsansätze vorschlägt, stärkt Muckenfuß die rechte Seite und zweifelt die Möglichkeit eines Weges von links nach rechts an (vgl. Abb. 1). In gewisser Hinsicht „zementiert“ er damit die beklagte Kluft. Zugleich allerdings arbeitet er ein wichtiges Grundproblem jeglicher phänomenologischer Naturwissenschaft besonders deutlich heraus. Denn selbst für sehr stark phänomenologisch interessierte Autorinnen und Autoren scheint unklar zu sein, was *zwischen Phänomen und*

Theorie liegt. Es scheint die Auffassung vorzuherrschen, dass dort *nichts* liegt, weshalb auch so häufig von einer anzustrebenden *Überbrückung* gesprochen wird. Entsprechend halten auch Østergaard, Dahlin & Hugo in ihrem Überblicksartikel zur aktuellen phänomenologischen Forschung in den Naturwissenschaftsdidaktiken gerade dies für das Kernanliegen der von ihnen durchgesehenen Beiträge: „The general and prevalent concern for almost all of the studies reviewed is the question of how to help students bridge the gap [...] between the lifeworld and the 'science world'.” (Østergaard/Dahlin/Hugo 2008:112).

Ich glaube, dass es ein Fehler ist, zwischen Phänomen und Theorie *nichts* zu vermuten. Die Kluft, so meine ich, ist gar nicht leer. Und deshalb lässt sich die Herausforderung auch anders (und phänomenologisch angemessener) lesen: Anstatt die Kluft zu überbrücken, könnte auch versucht werden, sie *zu vermeiden*, sie vielleicht gar *zum Verschwinden zu bringen*. Aus „to bridge the gap“ würde „to prevent the gap“ werden. Eine Möglichkeit, wie das gelingen kann (und meines Erachtens längst gelingt), skizziere ich im folgenden Abschnitt.

3 Zur Methode phänomenbasierter Naturwissenschaft

Innerhalb der deutschsprachigen phänomenologisch orientierten Fachdidaktik lassen sich grob zwei Traditionslinien unterscheiden. In der einen wird sich verstärkt auf die fachdidaktischen Arbeiten Wagenscheins bezogen, in der anderen verstärkt auf die naturwissenschaftlichen Arbeiten Goethes sowie auf Unterrichtsvorschläge aus der Waldorfpädagogik.³ Eine Durchsicht der Beiträge zeigt, dass sich die Protagonisten weniger damit beschäftigen, einen Weg zur Überwindung der Kluft *im Ganzen* aufzuzeigen, sondern sich auf zwei verschiedene Einzelaspekte des langen Weges konzentrieren.

Die Beiträge der Wagenschein-Tradition zeigen ein besonderes Interesse für die *Spiele Heranwachsender*, mittels welcher diese die Natur kennenlernen, und entwickeln dabei Unterrichtskonzepte, die von der Lebenswelt her in Richtung der Fachwissenschaft weisen. Sie liefern unzählige Beispiele für erste Variationen (Vereinfachung, Steigerung etc.) der Naturerscheinungen. So wird im phänomenologischen Unterricht des Spiegelraumkonzeptes viel Zeit auf das Kennenlernen des im Spiegel Gesehenen verwendet, wobei die Möglichkeiten des Umgangs mit Spiegeln erweitert werden (vgl. Schön 1994): Wo befinden sich die Spiegelobjekte? Wie verlaufen Schattengrenzen? Wie lassen sich Entfernungen im Spiegel messen? Die Beiträge der Goethe-Tradition wiederum zeigen ein besonderes Interesse für die *Bedingungen, unter denen naturwissenschaftliche Phänomene erscheinen*, und beschäftigen sich mit Gegenständen, die bereits zwischen Lebenswelt und Fachwissenschaft liegen. Sie versuchen ausgehend von Variationen bzw. Vermannigfaltigungen wissenschaftlicher Versuche die Erscheinungsbedingungen des fraglichen Natur- bzw. Laborphänomens zu verstehen. Mit Vermannigfaltigung ist nicht nur eine Vervielfältigung gemeint, sondern es geht darum, „das Nächste ans Nächste zu reihen“, um entfernt voneinander Stehendes, miteinander zu verknüpfen (Goethe 2006:330). So wird bei der Untersuchung des Regenbogens zuerst danach gefragt, was in den fallenden und farbig aufleuchtenden Regentropfen eigentlich zu sehen ist, anstatt zu einer Untersuchung von Lichtwegen vorzuspringen (vgl. Müller/Grebe-Ellis 2007). Mit dem Wissen um die beiden

³ Die Überlegungen dieses Abschnitts gehören zum Kern meiner Dissertation (vgl. Müller 2017). Sie finden sich daher ganz ähnlich dort und in einem thematisch verwandten Tagungsbandbeitrag (vgl. Müller 2018). Ein Überblick der aktuellen deutschsprachigen phänomenologischen Naturwissenschaftsdidaktik, der anders als oben nicht nur fachlich, sondern auch Lernprozess-orientierte Forschung in den Blick nimmt, findet sich in Theilmann/Buck/Murmann/Østergaard/Hugo/Aeschlimann/Rittersberger 2013.

Wesenszüge der beiden Traditionslinien lässt sich außerdem eine dritte Sorte von Arbeiten identifizieren, die ausgehend von anderen, bereits geleisteten phänomenologischen Arbeiten Übergänge von hinlänglich verstandenen Erscheinungsbedingungen her zu den elaborierten Konzepten der wissenschaftlichen Welt entwickeln (bspw. Grebe-Ellis 2005; Quick 2015; Rang 2015).

In der Gesamtschau aller drei Interessenschwerpunkte ergibt sich schließlich auf fast natürliche Weise ein aus mehreren Schritten bestehender methodischer Gang. Er erlaubt, wie oben angesprochen, nicht nur eine Überwindung der Kluft, sondern kann sie sogar zum Verschwinden bringen. Der entsprechende phänomenologische Vierschritt ist in Abb. 2 wiedergegeben (vgl. Müller 2017:Kap. 15). Die Besonderheit des damit beschriebenen Vorgehens liegt im Bereich zwischen dem ersten und dritten Schritt. Dasjenige, was ausgehend von den sorgfältigen Beschreibungen der Erscheinungen durch die Vermannigfaltigungen neu in Erfahrung gebracht wird, sind *Praktiken im Umgang mit dem fraglichen Phänomen* (vgl. ebd.). Denn die Vermannigfaltigung der Natur- und Laborerscheinungen geht mit einer enormen Vermehrung von Praktiken einher, Praktiken, die oft nicht nur ausprobiert, sondern oft überhaupt erst angeeignet – gefunden und erfunden – werden müssen.

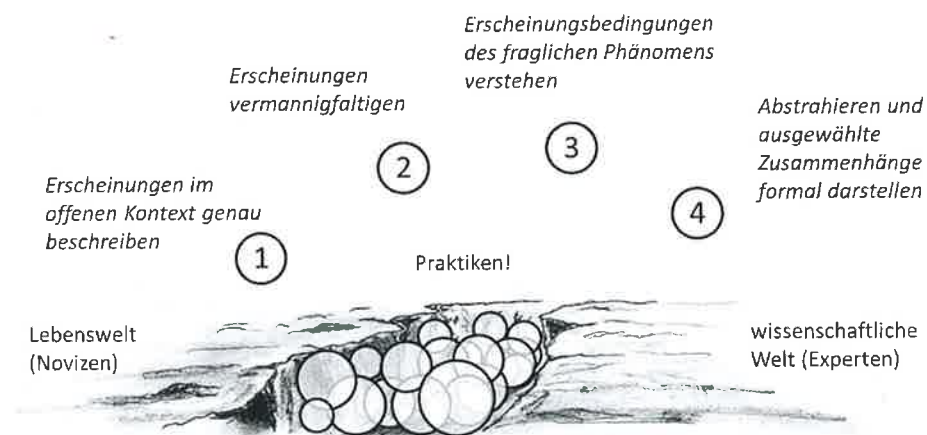


Abb. 2: Der phänomenologische Vierschritt zur Überwindung der metaphorischen Kluft zwischen Lebenswelt und wissenschaftlicher Welt.

Erkenntnismethodisch fällt diese Besonderheit oft erst dann auf, wenn nicht mehr vor allem die wissenschaftlichen Ergebnisse im Fokus sind, sondern auch die Bedingungen, unter denen diese errungen wurden, in den Blick geraten. Friedrich Steinle konnte beispielsweise nachweisen, dass sich in historischen Situationen der Physik, in „denen auf fundamentaler begrifflicher Ebene Unsicherheit besteht, bei denen also, durch welche Umstände auch immer, nicht nur spezielle Theorien, sondern etablierte Begriffssysteme, Denkformen und Darstellungsmittel in ihrer Verlässlichkeit erschüttert sind“, immer wieder die Arbeitsweise des *explorativen Experimentierens* bewährt und bewährt hat (vgl. Steinle 2005:20). Solche explorativen Experimente dienen genau dem oben angesprochenen Erkunden und Ausweiten des Phänomenbereichs. Die Experimentierenden eignen sich dabei neue Praktiken an, auf deren Fundament schließlich fundierte Theoriebildung und Theorieprüfung möglich werden.

Dieser praxeologische Blick auf wissenschaftliche Erkenntnisprozesse gehört zum Repertoire moderner Wissenschafts- und Kulturphilosophie (vgl. bspw. Kogge 2017; Shapin/Schaffer 2011). Besonders eindrücklich hat ihn bereits Ludwig Wittgenstein für das Metier der Sprachphilosophie entwickelt (vgl. Wittgenstein 2001). Mit Wittgenstein lassen sich die oben angesprochenen Praktiken zwischen dem ersten und dritten Schritt des phänomenologischen Vierschritts als *Naturspiele* beschreiben (vgl. Müller 2017, Kap. 12.1). Solche Naturspiele vermitteln zwischen den lebensweltlich-alltäglichen und den elaborierten Praktiken der Fachwissenschaften. Sie füllen dabei, wenn sie nachträglich angeeignet werden, die Kluft auf. Historisch betrachtet handelt es sich um die Art von Praktiken, die in den Phasen explorativen Experimentierens aufgerufen worden sind, bevor sich die Kluft auftat. Freilich, nachdem durch explorative Experimente die zuvor fehlende Verlässlichkeit wieder hergestellt war, nahm die Neigung zum Explorieren wieder ab – und damit auch die Bereitschaft zur Betrachtung von Naturspielen. Teile der aufgefundenen Vielfalt wurden nach und nach vergessen. Zwischen Lebenswelt und abstrakter Wissenschaft begann sich eine Kluft aufzutun.

4 Phänomen und Praktik

Die beklagte Kluft ist also nicht naturgegeben. Sie resultiert zum Großteil aus einem Vergessen, ist also eher *kultur*gegeben. Sie gehört in gewisser Hinsicht zum Stil moderner Naturwissenschaft. Und weshalb sollte sie auch nicht? Die Kluft selbst schafft einen Kontrast, durch den die elaborierten Konzepte und ihre erfolgreichen Anwendungen besonders deutlich hervortreten. Durch sie lässt sich die wissenschaftliche Welt klar von anderen gesellschaftlichen Bereichen abgrenzen, wodurch sich die Formulierung wissenschaftlicher Fragen oder Projekte vereinfacht. Nicht zuletzt erleichtert sie auch in soziologischer Hinsicht eine Distinktion der Wissenschaftstreibenden.

Für eine phänomenologische Naturwissenschaft sind jedoch gerade die durch das Bild der Kluft überdeckten Praktiken bzw. Naturspiele interessant. Sie erlauben es nicht nur, einen lückenlosen Weg von links nach rechts zu gehen. Sie erlauben es außerdem, dasjenige, worauf eine phänomenologische Naturwissenschaft wesenhaft hinarbeitet, präziser anzugeben, als durch bloße Abgrenzung von reduktionistischen Konzepten, wie es in phänomenologischen Kreisen häufig geschieht: Worauf sich eine *naturwissenschaftliche* Untersuchung typischerweise richtet und was daher gemeinhin als das Wesen der Natur gilt, das sind die Naturgesetze. Sie können als die Regeln gedacht werden, nach denen die natürlichen Geschehnisse ablaufen, als die Gesetze eben, an die sich die Natur im übertragenen Sinne hält. Worauf sich eine *phänomenologische* Untersuchung dagegen richtet, sind die Bedingungen unter denen die Phänomene der Natur erscheinen. Das liegt zum einen daran, dass ihr das Wissen um Naturgesetze nicht ausreicht, um die Natur zu verstehen. Die Naturgesetze werden dort nur als Abkürzungen für ein weit umfassenderes Bündel an Handlungsmöglichkeiten aufgefasst. Zum anderen liegt das daran, dass Erscheinungsbedingungen fix und unabhängig von kulturellen Moden sind. Entweder sind sie erfüllt, dann erscheint das fragliche Phänomen, oder sie sind nicht erfüllt, dann erscheint es eben nicht. Es ist dafür völlig egal, ob sie sich auf natürliche Weise eingestellt haben oder künstlich herbeigeführt worden sind. Denn die Erscheinungsbedingungen sind widerständig gegen unsere Praktiken. An ihnen zeigt sich die Charakteristik eines jeden Phänomens der Natur: dessen individuelle Widerständigkeit gegen die Beliebigkeit unserer Praktiken im

Umgang mit ihm (vgl. Müller 2017:Kap. 12.2). Genau aus diesem Grund eignet sich Praxeologie als Erkenntnismethode (vgl. Kogge 2017).

Damit lässt sich auch den Bedenken von Muckenfuß gegen einen phänomenbasierten Physikunterricht begegnen. i) Es stimmt, dass die Formulierungen in phänomenologischen Texten häufig ungewöhnlich oder gewöhnungsbedürftig sind. Und es stimmt auch, dass sie gelegentlich, wie Muckenfuß sich ausdrückt, als trojanische Pferde benutzt werden. Aber das liegt nicht an der Unzulänglichkeit der phänomenologischen Methode an sich, sondern daran, dass die entsprechenden Texte eben noch erste Versuche sind, Schritte auf dem Weg hin zu einer vollständigen phänomenbasierten Erschließung des fraglichen Phänomens.⁴ Wer solche Stellen entdeckt, sollte froh sein, denn sie sind ein untrügliches Zeichen dafür, dass es dort noch dankbare Arbeit gibt. ii) Es stimmt auch, dass sich physikalische Konzepte nicht aus der Wahrnehmung ergeben. Aber sie ergeben sich aus der Kenntnis der Erscheinungsbedingungen. Und die müssen von den Wahrnehmungen her erst einmal erreicht werden. Wer von den Wahrnehmungen her zu den Konzepten gelangen möchte, darf eben nicht vorschnell über die Kluft springen wollen, sondern muss den gesamten Weg über die Praktiken gehen.⁵ Sonst bleiben die Natur- und Alltagsphänomene tatsächlich nur Illustrationen für elaborierte Konzepte. Das ist aber sicherlich nicht Ziel eines phänomenbasierten Unterrichtes. iii) Die Diskrepanz zwischen Wahrnehmung und physikalischer Beschreibung ist kein Mangel der Wahrnehmung, sondern ein Mangel der physikalischen Beschreibung, der aus praktischen Gründen in Kauf genommen wird. Die meisten physikalischen Beschreibungen sind stark reduzierte Beschreibungen der Realität. Oft wird gerade darin ihre Stärke gesehen, indem angenommen wird, dass sie in ihrer Reduktion das Wesen der Natur offenlegten, also die Naturzusammenhänge so zeigten, wie sie *wirklich* sind – bereinigt von all dem nur Zufälligen, gedacht als Realität hinter der Realität. Aber das ist ein Missverständnis ihres Zustandekommens. Tatsächlich können sie aufgefasst werden als Abstraktionen von den komplexeren, in Bezug auf die Phänomene adäquaten Erscheinungsbedingungen. Ihre Stärke resultiert vielmehr daher, dass sie in ihrer

⁴ Dass trifft insbesondere auf den Text Wagenscheins zur Beugung zu, auf den sich Muckenfuß als Beispiel für ein sprachliches trojanisches Pferd bezieht (vgl. Wagenschein 1970): In der Tat, die beim Blick durch den Rasierklingspalt auf eine Kerzenflamme links und rechts aufgereiht erscheinenden "Gespensterflämmchen" machen die „Periodizität des Lichtes“ keineswegs evident! Aber dieses Textbeispiel kann auch positiv gelesen werden, als ein *Fingerzeig*, aus dem sich eben erst mit Zeit und Mühe etwas Rundes machen lässt (vgl. die phänomenbasierten Überlegungen zur Beugung in Sommer 2005; Müller/Schön 2011; Müller/Schön 2011 oder den Untersuchungsgang in Müller 2017:Kap. 14).

⁵ Muckenfuß' eigenes Beispiel vom Scheitern eines phänomenbasierten Unterrichtsganges trägt alle Zeichen eines Übergehens der relevanten Praktiken (vgl. Muckenfuß 2000:11). Muckenfuß beklagt, dass sich bei der Behandlung der Schatten das „Fehlen von Licht“ nicht „einfach aus der Wahrnehmung“ ergibt, dass die „physikalische Erklärung die Idee der geradlinigen Lichtausbreitung“ – also ein anderes Konzept – vielmehr bereits voraussetzt. Aber gerade das Konzept der geradlinigen Lichtausbreitung verführt, wenn mit ihm begonnen wird, zu der falschen, gesellschaftlich fest verankerten und kaum mehr auszumerzenden Vorstellung von der Silhouettengestalt von Schatten. Erst diese Vorstellung macht es möglich, in Comics oder Märchen den Schatten ein Eigenleben anzudichten und damit die Einsicht zu verstellen, dass verschattete Räume unbeleuchtete Räume sind. Gerade deshalb wird in phänomenbasierten Unterrichtsgängen zu den Schatten an unzähligen Beispielen demonstriert, beobachtet und nachgeschaut (also getan und wahrgenommen), dass und wie Schatten Bilder sowohl der Gestalt des Schattengebers als auch der Gestalt der Leuchte sind (vgl. Maier 2003; Murmann 2006; Quick/Müller/Grebe-Ellis 2009; Grebe-Ellis 2010, 2011). Erst wenn sich im praktischen Umgang mit Schatten die falsche Idee von der Silhouettengestalt verflüchtigt hat, wird der Weg frei zum abschließenden physikalischen Konzept (vgl. Müller 2017:Kap. 13.3). Die typische, nicht-phänomenbasierte Variante lehrt nicht nur ein verkürztes, sondern sogar ein falsches Bild der Wirklichkeit. Kein Wunder, dass sich die beklagte Denkschwierigkeit dann nicht auflöst.

Reduziertheit für einen bewusst eingeschränkten Phänomenbereich besonders praktisch sind.⁶ Deshalb haben physikalische Konzepte, anders als Erscheinungsbedingungen, Grenzen; sie zu ziehen, war nötig, um sie überhaupt zu erschaffen. iv) Dass naturwissenschaftliche Phänomene mitunter gar nicht wahrnehmbar sind, führt nicht dazu, dass sie aus phänomenologischen Betrachtungen herausfallen. Schließlich spielen auch nicht-wahrnehmbare Phänomene ihre Rollen in unseren Praktiken.⁷ Woher wüssten wir sonst von ihnen?

5 Digitale Medien im Kontext der Widerständigkeit der Naturphänomene

Die vorangehenden Überlegungen machen klar, dass ein phänomenbasierter NaWi-Unterricht kein medienbasierter und schon gar kein digitaler Unterricht ist. In ihm spielen die Phänomene der Natur und des Alltags eine grundlegende Rolle, was insbesondere heißt, dass es auf eine direkte Auseinandersetzung der Lernenden mit diesen Phänomenen ankommt. Denn es geht darum, deren Widerständigkeit zu erfahren und Praktiken im Umgang mit ihnen zu entwickeln – wenigstens ansatz- oder ahnungsweise. Phänomene treten in diesem Unterricht gewissermaßen analog auf: unverstellt und unvermittelt, also unmedialisiert.

Gerade mit Bezug auf ihre Widerständigkeit lässt sich die Sonderrolle der Phänomene im naturwissenschaftlichen Unterricht hervorheben. Das liegt daran, dass jedes Lehren und Lernen irgendeine Art von Autorität benötigt, die für die Verlässlichkeit des fraglichen Lerngegenstandes sorgt. Umgangssprachlich gesprochen sorgt sie dafür, dass auch morgen noch gilt, was heute geübt wird. Dass diese Autorität tatsächlich verloren gehen kann und daraus Brüche in den Lernbiografien entstehen, lies sich beispielsweise nach der Ablösung des DDR-Schulsystems im dortigen Unterricht der sozialwissenschaftlichen Fächer beobachten. Im Falle eines Lernens über die Zusammenhänge der Natur jedenfalls handelt es sich bei dieser Autorität, so eigenartig das klingen mag, nicht etwa um die Lehrenden, sondern um die Natur selbst. Deutlich wird das im Kontrast zum Lernen der Erstsprache: Beim Lernen der Muttersprache wird die fragliche Autorität durch die Personen ausgeübt, von denen die Sprache gelernt wird. Gelehrt wird dabei der richtige Sprachgebrauch. Und bei diesem handelt es sich um eine gemeinschaftlich geteilte Praxis, für die im übertragenen Sinne die gesamte Sprachgemeinschaft bürgt (vgl. Wittgenstein 2001).⁸ Dabei übt sie aktiv

⁶ Beispielsweise wäre in einer vollständigen Beschreibung von Linsenabbildungen keine Rede von „Abbildungsfehlern“, weil es sich dabei um gesetzmäßige Bilder der verschiedenen relevanten optischen Elemente handelt (vgl. dazu bspw. Grusche/Rang/Müller 2018). In einer reduzierten Beschreibung, die sich als Anleitung für den Bau von Brillen, Fernrohren und Mikroskopen eignen soll, ist es aber äußerst praktisch, von „Abbildungsfehlern“ zu reden und diese unter Angabe einfacher gesetzmäßiger Regeln vermeiden zu können – vgl. bspw. die Überlegungen von Janich und Tetens zur Frage, inwiefern die Naturgesetze als Gesetze über die Abläufe der Natur oder vielmehr als Gesetze über das Funktionieren von Apparaten aufzufassen sind (vgl. Janich 1973; Tetens 1982).

⁷ Muckenfuß benutzt hier als Gegenbeispiel die wissenschaftshistorische Debatte um den Luftdruck und das Vakuum. Interessanterweise liegt genau zu diesem Thema ein umfassendes und gut erprobtes phänomenbasiertes Unterrichtskonzept aus der Lehrkunstdidaktik vor, das nicht nur jeden einzelnen von Muckenfuß genannten Aspekt behandelt (und noch mehr), sondern für jeden der Aspekte Praktiken vorschlägt, durch die die Schülerinnen und Schüler in die fraglichen Phänomenkontexte so eingebunden werden, dass die Charakteristik des Nicht-Wahrnehmbaren durch Einbezug ins Handeln evident wird (vgl. Eyer/Aeschlimann 2013).

⁸ Nach Wittgenstein ist eine weitere Rechtfertigung der Eigenarten des faktischen Sprachgebrauchs ontologisch betrachtet weder nötig noch sinnvoll. Wittgenstein stellt seine Überlegungen schließlich auf die Probe mit der Frage nach dem Status mentaler Ausdrücke, die aufgrund ihrer Privatheit dem geteilten Sprachgebrauch gerade entzogen sind. Nach der oben skizzierten Überlegung dürfte es sie daher gar nicht geben. Wittgensteins berühmt gewordenes „Privatsprachenargument“ gipfelt dagegen in der verblüffenden Erkenntnis, dass das Mentale in der Tat gar nicht privat ist, dass das Lernen, Erfinden oder Gebrauchen

Widerstand gegen abweichende Sprachhandlungen aus, was sich beispielsweise in Sanktionierungen während des Sprachenlehrens zeigt: Es wird korrigiert, zurechtgewiesen, zu wiederholtem Üben angehalten und vieles mehr. Das langwierige Erlernen des Zählens oder des richtigen Gebrauchs der Farbworte mögen hier als Beispiele dienen. Dass während der Vorgänge des Lernens von so etwas Kontingentem wie der Sprache überhaupt die Rede von richtigen und falschen Verwendungen sein kann, liegt also an der Widerständigkeit des Sprachgebrauchs gegen individuelle Abweichungen, die durch die Sprachgemeinschaft zuverlässig ausgeübt wird.

Im Falle des Lernens über die Zusammenhänge der Natur liegt die Sache anders. Zwar wird auch hier von Personen gelernt, gerade im Schulunterricht, aber die Autorität über den Lerngegenstand liegt letztlich – bzw. ursprünglich – bei der Natur. Auch der Umstand, dass das Betreiben von Naturwissenschaft selbst eine kulturelle Praxis ist, dass ihr Wissen in soziale Kontexte eingebettet ist, ändert an dieser grundsätzlichen Rolle der Natur nichts. Nur an ihr entscheidet sich das Richtig und Falsch, sie bürgt im übertragenen Sinne für das Gelingen erlernter naturwissenschaftlicher Praktiken. Das beginnt bereits beim Laufenlernen im Kleinkindalter und endet auch nicht mit der Interpretation der Datensätze eines Teilchenbeschleunigers. Diese Widerständigkeit können Lernende nur selbst erfahren und nur an den Naturgegenständen. Mitunter sind solche Erfahrungen frustrierend, manchmal gesteigert bis hin zur Konfrontation mit der Ausweglosigkeit alternativer Handlungsversuche oder dem Verwerfen noch so stimmig erscheinender Konzepte. Sie sind aber gleichfalls Voraussetzung der glücklichen Momente, beispielsweise wenn ein fraglicher Naturvorgang letztlich doch noch durchschaut und vielleicht eine Beschreibung gefunden wurde, oder nachdem durch schrittweise Anpassung etwas zuverlässig Funktionierendes geschaffen wurde. Da hilft kein Bericht als Ersatz, keine Simulation der noch ungewohnten Umstände und kein noch so großes Reservoir an institutionell gesichertem Wissen. Insofern ist die unverstellte Begegnung mit Naturphänomenen ein entscheidendes Bildungsziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Es handelt sich schließlich um die Begegnung mit der Quelle jeglichen naturwissenschaftlichen Wissens.

Damit sind digitale Medien jedoch keineswegs aus einem phänomenbasierten Unterricht verbannt. Ganz im Gegenteil! Es kommt vielmehr auf die Rolle an, die sie für den Unterricht spielen sollen. Sie ergänzen den phänomenbasierten Unterricht, indem sie das Erlernen phänomenbasierter Praktiken unterstützen. Das macht es an dieser Stelle einfach, nach dem Potenzial konkreter digitaler Medien für konkrete Anwendungen im phänomenbasierten NaWi-Unterricht zu fragen. Die Hauptfrage, an der sich das Potenzial erweist, lautet: *Inwieweit unterstützt der jeweilige Einsatz des jeweiligen digitalen Mediums das Erlernen phänomenbasierter Praktiken?* Sie lässt sich hinsichtlich folgender Aspekte konkretisieren:

- Wird die Vielfalt der Erscheinungen vergrößert und so das Phänomen aufgewertet?
- Werden neue Handlungen ermöglicht oder doch eher bereits bekannte ersetzt?
- Wird ein phänomenaler Zusammenhang erkundet oder vielmehr ein funktionaler belegt?
- Dient die Messwerterfassung einer neuen Erfahrung?
- Was wird anschaulich simuliert: Erscheinungsbedingungen oder Formeln?

einer „privaten Sprache“ in letzter Konsequenz nicht möglich ist. Denn dafür wäre die geteilte Autorität einer Gemeinschaft nötig.

6 Beispiele für die Anwendung der Kriterien im phänomenbasierten NaWi-Unterricht

Wer einen phänomenbasierten NaWi-Unterricht durch digitale Medien ergänzen möchte, kann die oben genannten Fragen als Kriterien für ihre jeweilige Eignung nehmen. Ich möchte abschließend ihre Anwendbarkeit demonstrieren, indem ich sie auf zwei konkrete (physikalische) Beispiele aus der Literatur anwende. Aus der aktuellen Menge von sowohl allgemeineren Untersuchungen zum digital unterstützten Lernen⁹ als auch konkreten Unterrichtsvorschlägen für die Verwendung digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht¹⁰ greife ich eine Veröffentlichung heraus, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auch von denen, die letztlich den tatsächlichen Unterricht gestalten, also den Lehrkräften, rezipiert wird. Es handelt sich um das Themenheft *Naturphänomene im digitalen Zeitalter* der Zeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik* (vgl. Heinicke/Wodzinski 2017).

Zwei Eigenheiten, die wohl aktuell noch typisch für den Einsatz digitaler Medien im Unterricht sind, fallen bei einer ersten Durchsicht des Heftes auf. Zum einen geht es in den dreizehn Beiträgen vorwiegend um *Visuelles*, d. h. um optische Phänomene oder visuelle Darstellungen. Zum anderen besteht eine starke Tendenz, Naturphänomene als *Anwendungen* für zur Verfügung stehende digitale Medien auszuwählen. Aus den Bereichen *Naturphänomene mit neuen Instrumenten untersuchen* und *Medien zu Naturphänomenen gestalten* greife ich jeweils einen Vorschlag heraus.

In *Von der Natur lernen* werden „Experimente zur Untersuchung bionischer Phänomene mit dem Smartphone vorgestellt“ (Laumann/Hergemöller 2017). Das erste der beiden Beispiele, beide aus der Bionik, thematisiert den Lotuseffekt. Hier wird u. a. eine Maxilupe auf die Kamera eines Smartphones gesetzt, um damit mikroskopische Aufnahmen der Oberflächen der Blätter verschiedener Pflanzen zu erstellen. Außerdem wird die Highspeed-Funktion der Kamera des verwendeten Smartphones genutzt, um die „Fall- und Aufpralldynamik eines Wassertropfens auf einer hydrophilen Oberfläche“ in aussagekräftigen Einzelbildern verfolgen zu können. Beide Einsätze des Smartphones erlauben in der Tat neue Handlungen mit den ausgewählten Blättern, unterstützen sinnvoll Variationen des fraglichen Phänomens und vergrößern die Vielfalt der Erscheinungen. Die verwendete Maxilupe war allerdings, so könnte angemerkt werden, auch schon vor der Erfindung des Smartphones verfügbar – als Mikroskop, das sich in jeder Grundausstattung von Schulsammlungen findet. Zumal das Erlernen der Praxis des Mikroskopierens, das durch den Einsatz der Maxilupe weitgehend wegfällt, einen eigenen Wert als Unterrichtsgegenstand hätte.

In *Himmelsche Physik* werden „Wolkenbilder als Ausgangspunkt für die digitale Modellierung von Strukturbildungsprozessen“ genommen (Heusler/Laumann 2017). Die Wolkenbilder werden von den Schülerinnen und Schülern außerhalb des Unterrichtes selbst angefertigt (oder recherchiert) und im Unterricht hinsichtlich der auffälligen, regelmäßigen Strukturen (vor allem Streifen) befragt. Auf einen einfachen Schulversuch zu Konvektionsströmungen, für den auch der Einsatz einer Wärmebildkamera empfohlen wird, folgt eine Untersuchung der Bedingungen für die Strukturbildung mit Hilfe einer Computersimulation, in der bereits ein geeignetes Modellsystem mit geeigneter Visualisierung implementiert ist. Die gewählte Software („Energy2D“) erlaubt darüber hinaus

auch die „freie Gestaltung eigener Simulationen“ sowie Modellvariationen oder Erweiterungen um zusätzliche Messgrößen. Abschließend werden die Erfahrungen aus der Simulation in einem einfachen „Potentialbild zur spontanen Strukturbildung“ auf den wesentlichen physikalischen Zusammenhang hin reduziert und schließlich an die Wolkenbilder zurück gebunden. Insgesamt handelt es sich bei den besprochenen Versuchen um einen Mix aus Experimenten mit und ohne digitale Medien, was darauf verweist, dass diese je nach ihrer erforderlichen Funktion im Unterrichtsgang ausgewählt wurden. Die Simulationssoftware visualisiert allerdings formale Zusammenhänge, die trotz der Möglichkeiten des freien Spiels mit relevanten Parametern von außen her, d. h. nicht von den Schülerinnen und Schülern, als gegeben an diese herangetragen werden. Auch das abschließende Potentialbild fungiert eher als Schaubild für einen funktionalen Zusammenhang. So darf hier aus der Perspektive der Phänomenbasierung gewünscht werden, dass die eingesetzten Medien mehr neue Handlungen ermöglichen, dass eine stärkere Erkundung phänomenaler Zusammenhänge stattfindet und dass sich von dem zur Untersuchung anregenden Phänomen her die Vielfalt der damit in Zusammenhang stehenden Erscheinungen vergrößern lässt.

7 Zusammenfassung

Das Projekt der Digitalisierung im Schulunterricht schillert zwischen Verheißung und Ernüchterung. Der Idee eines phänomenbasierten NaWi-Unterrichts geht es in mancherlei Hinsicht ganz ähnlich. Auf die Digitalisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht aus der Perspektive der Phänomenologie zu schauen, wie es Ziel der naturwissenschaftlichen Sektion im Symposium war, lohnt deshalb nur vor dem Hintergrund einer hinreichend klaren Methode von phänomenologischer Naturwissenschaft. Eines der Grundprobleme ist dabei die Spannung zwischen Wahrnehmung und Theorie. Muckenfuß hatte hier argumentiert, dass der Bruch zwischen unbefangenen wahrgenommenen Phänomenen und wissenschaftlichen Theorien der erkenntnisphilosophische Normalfall sei, was gegen einen kontinuierlichen phänomenbasierten Unterricht im Sinne Wagenscheins spricht. Zwischen beiden Polen liegt allerdings ein oft übersehener Bereich mehr oder minder versierter Praktiken. Mit Hilfe dieser Praktiken bzw. Naturspiele gelingt es durchaus, von den Wahrnehmungen her die elaborierten Konzepte abstrakter Naturwissenschaft zu erreichen, zwar nicht direkt, aber doch bruchlos. Dieses methodische Vorgehen kann rezeptartig durch einen phänomenologischen Vierschritt beschrieben werden.

Der methodische Vierschritt gestattet zudem eine Beurteilung der Rolle digitaler Medien im phänomenbasierten NaWi-Unterricht. Denn wenn Phänomene nicht nur als illustrative Ausgangspunkte erhalten, sondern dem Erleben der Widerständigkeit der Naturdinge dienen sollen, dann misst sich das Potenzial digitaler Medien daran, inwieweit ihr Einsatz im Unterricht das Erlernen entsprechender phänomenbasierter Praktiken unterstützt. Damit lassen sich Kriterien für eine kritische Einschätzung konkreter Vorschläge für den Einsatz digitaler Medien im phänomenbasierten NaWi-Unterricht angeben. Zugleich können diese Kriterien auch bei der Planung eines solchen Unterrichtes behilflich sein, wenn digitale Medien nicht nur pflichtgemäß in den Unterricht integriert, sondern darüber hinaus im Sinne einer Orientierung an und Auseinandersetzung mit Phänomenen als grundsätzlichem Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichtes eingesetzt werden wollen.

⁹ Vgl. bspw. McElvany/Schwabe/Bos/Holtappels 2018; Holmes/Anastopoulou/Schaumburg/Mavrikis 2018.

¹⁰ Vgl. bspw. Meßinger-Koppelt/Schanze/Groß 2017; Meßinger-Koppelt/Maxton-Küchenmeister 2018.

Bibliografie

Bos, Wilfried/Eickelmann, Birgit/Gerick, Julia/Goldhammer, Frank/Schaumburg, Heike/Schwippert, Knut/Senkbeil, Martin/Schulz-Zander, Renate/Wendt, Heike. (Hg.) 2014. *Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster, New York: Waxmann.

European Commission Directorate General for Education and Culture. 2014. *The International Computer and Information Literacy Study (ICILS). Main Findings and Implications for Education Policies in Europe*. European Commission. Abrufbar unter: http://ec.europa.eu/education/library/study/2014/ec-icils_en.pdf (Stand: 27.09.2018).

Eyer, Marc/Aeschlimann, Ueli. 2013. *Pascals Barometer. Frei nach Martin Wagenschein*. Bern: hep verlag.

Fraillon, Julian/Ainley, John/Schulz, Wolfram/Friedman, Tim/Gebhardt, Eveline. 2014. *Preparing for Life in a Digital Age. The IEA International Computer and Information Literacy Study international report*. Switzerland: Springer International.

Goethe, Johann W. von. 2006. Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt. Kautelen des Beobachters. In: Richter, Karl. (Hg.) 2006. *Sämtliche Werke nach Epochen seines Schaffens, Münchner Ausgabe (Band 4.2)*. München: Btb Verlag, 321-332.

Grebe-Ellis, Johannes. 2005. *Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisation. Entwicklung einer phänomenologischen Beschreibung der Polarisation als Grundlage für Curricula zur Polarisation in Schule und Hochschule*. Berlin: Logos-Verl.

Grebe-Ellis, Johannes. 2010. Schattenbilder wie Schriftzeichen lesen. Eine bildoptische Studie nach Johannes Kepler. In: *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (Phydid)* 9, 34-44.

Grebe-Ellis, Johannes. 2011. Wie sieht der Schatten einer Fliege aus?. In: Erb, Roger/Grebe-Ellis, Johannes. (Hg.) 2011. *Alles, worin der Mensch sich ernstlich einlässt, ist ein Unendliches. Physikdidaktische Miniaturen*. Lutz-Helmut Schön zu Ehren. Berlin: Logos-Verl., 55-68.

Grusche, Sascha/Rang, Matthias/Müller, Marc. 2018. Wie wird die Ansicht durch eine Kugellinse verformt? Entwicklung einer Phänomenreihe. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* 9.

Hattie, John. 2009. *Visible Learning. A Synthesis of over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. London: Routledge.

Heinicke, Susanne/Wodzinski, Rita. 2017. Naturphänomene im digitalen Zeitalter. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 28:3+4, 1-100.

Heusler, Stefan/Laumann, Daniel. 2017. Himmlische Physik. Wolkenbilder als Ausgangspunkt für die digitale Modellierung von Strukturbildungsprozessen. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 28:159/160, 69-73.

Holmes, Wayne/Anastopoulou, Stamatina/Schaumburg, Heike/Mavrikis, Manolis. (Hg.) 2018. *Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien. Ein roter Faden*. Stuttgart: Robert Bosch Stiftung.

Janich, Peter. 1973. *Zweck und Methode der Physik aus philosophischer Sicht*. Konstanz: Univ.-Verl.

Kogge, Werner. 2017. *Experimentelle Begriffsforschung. Philosophische Interventionen am Beispiel von Code, Information und Skript in der Molekularbiologie*. Mit einer Abhandlung zu Wissenschaftstheorie nach Wittgenstein. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.

Laumann, Daniel/Hergemöller, Timo. 2017. Von der Natur lernen. Experimente zur Untersuchung bionischer Phänomene mit dem Smartphone. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 28:159/160, 49-55.

Maier, Georg. 2003. *Optik der Bilder*. Dürnau: Verl. der Kooperative.

McElvany, Nele/Schwabe, Franziska/Bos, Wilfried/Holtappels, Heinz G. (Hg.) 2018. *Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen*. Münster: Waxmann.

Meßinger-Koppelt, Jenny/Maxton-Küchenmeister, Jörg. (Hg.) 2018. *Naturwissenschaften digital. Toolbox für den Unterricht*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Meßinger-Koppelt, Jenny/Schanze, Sascha/Groß, Jorge. (Hg.) 2017. *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Muckenfuß, Heinz. 2000. Retten uns die Phänomene? Anmerkungen zum Verhältnis von Wahrnehmung und Theorie. In: *Plus Lucis* 9:3, 10-14.

Müller, Marc. 2017. *Grammatik der Natur. Von Wittgenstein Naturphänomene verstehen lernen*. Berlin: Logos Verl.

Müller, Marc. 2018. Die Idee von der Abschaffung der Kluft. Kritik einer fachdidaktischen Metapher des Lehrens und Lernens. In: Maurer, Christian. (Hg.) 2018. *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - Normative und empirische Dimensionen*. Regensburg: Universität Regensburg, 281-284.

Müller, Marc/Grebe-Ellis, Johannes. 2007. Spiegelbilder der Sonne im Tropfen. Zur Phänomenologie des Regenbogens. In: Nordmeier, Volkhard/Oberländer, Arne. (Hg.) 2007. *Didaktik der Physik. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG 2007 in Regensburg*. Berlin: Lehmanns Media.

Müller, Marc/Schön, Lutz-Helmut. 2011. Virtuelle Beugungsbilder am Gitter. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* 2.

Murmann, Lydia. 2006. Viel Licht und ein bisschen Schatten. In: Lück, Gisela/Köster, Hilde. (Hg.) 2006. *Physik und Chemie im Sachunterricht*. Braunschweig: Westermann, 95-108.

Østergaard, Edvin/Dahlin, Bo/Hugo, Aksel. 2008. Doing phenomenology in science education: a research review. In: *Studies in Science Education* 44:2, 93-121.

Quick, Thomas. 2015. *Phänomenologie der optischen Hebung*. Berlin: Logos Verl.

Quick, Thomas/Müller, Marc/Grebe-Ellis, Johannes. 2009. Mathematische Beschreibung von Schattenbildern im Kontext der phänomenologischen Optik. In: Nordmeier, Volkhard/Grötzebach, Helmuth. (Hg.) 2009. *Didaktik der Physik. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG 2009 in Bochum*. Berlin: Lehmanns Media.

Rang, Matthias. 2015. *Phänomenologie komplementärer Spektren*. Berlin: Logos Verl.

Schaumburg, Heike. 2018. Empirische Befunde zur Wirksamkeit unterschiedlicher Konzepte des digital unterstützten Lernens. In: McElvany, Nele/Schwabe, Franziska/Bos, Wilfried/Holtappels, Heinz G. (Hg.) 2018. *Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen*. Münster: Waxmann, 27-40.

Schön, Lutz-Helmut. 1994. Ein Blick in den Spiegel. Von der Wahrnehmung zur Physik. In: *Physik in der Schule* 32:1, 2-5.

Shapin, Steven/Schaffer, Simon. 2011. *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton: Princeton Univ. Press.

Sommer, Wilfried. 2005. *Zur phänomenologischen Beschreibung der Beugung im Konzept optischer Wege. Entwicklung und Erprobung einer Unterrichtsreihe für die gymnasiale Oberstufe*. Berlin: Logos-Verl.

Steinle, Friedrich. 2005. *Explorative Experimente. Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik*. Stuttgart: Steiner.

Tetens, Holm. 1982. Was ist ein Naturgesetz?. In: *Journal for General Philosophy of Science - Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 13:1, 70-83.

Theilmann, Florian/Buck, Peter/Murmann, Lydia/Østergaard, Edvin/Hugo, Aksel/Aeschlimann, Ulrich/Rittersberger, Christa. 2013. Phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Positionierung und erziehungswissenschaftliche Folgerungen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*. 19, 397-416.

Wagenschein, Martin. 1970. Die periodische Struktur des Lichts. In: Wagenschein, Martin. (Hg.) 1970. *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Band II*. Stuttgart: Klett, 110-119.

Wagenschein, Martin. 1995. *Die Pädagogische Dimension der Physik*. Aachen-Hahn: Hahner Verl.-Ges.

Wagenschein, Martin. 2009. Rettet die Phänomene! (Der Vorrang des Unmittelbaren). In: Wagenschein, Martin/Berg, Christoph. (Hg.) 2009. *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge*. Das Wagenschein-Studienbuch. Bern: hep, 96-108.

Wittgenstein, Ludwig. 2001. *Philosophische Untersuchungen. Kritisch-genetische Edition*. Schulte, Joachim. (Hg.) 2001. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Zierer, Klaus. 2015. *Hattie für gestresste Lehrer. Kernbotschaften und Handlungsempfehlungen aus John Hatties „Visible Learning“ und „Visible Learning for Teachers“*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Protokoll der Arbeitsgruppe Naturwissenschaften

BENJAMIN WALLNER

Dieses Protokoll fasst die Inhalte der Arbeitsgruppe Naturwissenschaften, welche am zweiten Tag des Symposiums in zwei Sessions (10:30-12:00 Uhr & 14:00-16:00 Uhr) gearbeitet hat, zusammen.

In der Einführung zu den Arbeitsgruppen wurde die Auseinandersetzung mit dem Phänomen als fesselnde Erfahrung beschrieben und dabei auf das Bild der Einladung verwiesen. Es zeigte eine Aurora borealis, welche sich in einem Teich spiegelt. Dem Phänomen kommen in diesem Bild zwei wesentliche Funktionen zu: zum einen ist die Aurora borealis ein analoges Erlebnis, welches seine Wirkung im vollen Umfang nur entfalten kann, wenn es das Individuum auch selbst erlebt. Eine digitalisierte Variante dürfte nur schwer eine deckungsgleiche Wahrnehmung reproduzieren können. Der zweite Aspekt ist durch den Spiegel symbolisiert, dessen Reflexionsvermögen auch Bildungsfragen aufwirft: Was bedeutet das intensive Erleben eines Phänomens für das Werden des Menschen in Wechselbeziehung zu der Natur, dem Selbstausslegungsprozess vor dem Hintergrund einer Subjekt-Objekt Beziehung im Kontext der Natur? Dieser philosophische Exkurs ist insofern von großer Bedeutung, da er einen wesentlichen Beitrag zur Beantwortung folgender Fragestellungen liefert: a) Welche Lernbereiche erfordern eine unmittelbare Erfahrung mit der realen Welt? b) Was kennzeichnet solche Lernbereiche? Diese Fragestellungen wurden uns als Arbeitsauftrag mitgegeben.

Die Arbeitsgruppe startete ihre erste Session mit einer Key-Note von Dr. Marc Müller mit dem Titel „Phänomen und Praktik: Kriterien zur Ergänzung phänomenbasierten NaWi-Unterrichts durch digitale Medien“. In dieser wurde festgehalten, dass der Einsatz von digitalen Medien eine beharrliche und im gleichen Ausmaß jedoch auch unhinterfragte Forderung darstellt. Die Bereicherung und das immense Potential werden in den Raum gestellt und mit einer Drohhäube „nur nicht in Rückstand geraten“ versehen. Eine Durchsicht an Metastudien zeigt allerdings, dass empirische Belege für diese Forderung meist ausbleiben und hauptsächlich geringe und niemals starke Effektstärken in Bezug auf den Einsatz von neuen Medien festgestellt werden können. Der zweite zentrale Aspekt der Präsentation beschäftigte sich mit dem phänomenologischen Physikunterricht, dessen Programm „Von der Wahrnehmung zur Physik“ lautet. Marc Müller hält fest, dass dieser Ansatz zwar eine lange Tradition hat, jedoch noch immer eine exotische Rolle einnimmt. Er führt dies im Wesentlichen auf ein Grundproblem zurück: die Kluft zwischen Lebenswelt und wissenschaftlicher Welt, welche sowohl von Martin Wagenschein als auch von seinen Kritiker*innen angenommen wird. Diese Kluft trennt zwei unterschiedliche Perspektiven auf Natur: eine lebensweltlich verortete und eine wissenschaftliche. Gleichzeitig begründet sie den fachdidaktischen Auftrag des phänomenbasierten Unterrichts, welcher oft mit dem Bauen einer Brücke assoziiert wird.

Der Lösungsansatz Marc Müllers lädt jedoch zu einem Perspektivenwechsel ein, welcher eine scharfe Trennung dieser beiden Aspekte, also das Vorhandensein einer Kluft ablehnt und diese mit Naturspielen gefüllt sieht. Naturspiele umfassen Praktiken, welchen Elemente