



Gespräche zum
Sachunterricht

BAND 1

Marc Müller, Svantje Schumann (Hrsg.)

Technische Bildung

Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis

WAXMANN

Marc Müller, Svantje Schumann (Hrsg.)

Technische Bildung

Stimmen aus Forschung, Lehre und Praxis



Waxmann 2021
Münster · New York

Inhalt

Vorwort	7
<i>Ernest Hägni und Karin Güdel</i>	
I Fächerübergreifende Technische Allgemeinbildung in der Schweiz	13
<i>Christian Wiesmüller</i>	
II Wirklich(e) Technische Bildung im Allgemeinen	25
<i>Svantje Schumann</i>	
III Technische Bildung	41
<i>Anne-Françoise Gilbert</i>	
IV Zum Verhältnis von Gender und Technik Wege zu einer gendersensiblen Technischen Bildung	69
<i>Elisabeth Jahnke</i>	
V Fächerverbindende Themen in der Technischen Bildung Bestandsaufnahme und Impulse am Beispiel »Textilien«	89
<i>Gerwin Mader</i>	
VI Die Anwendung des Begriffs Technik bzw. Technische Bildung an Rudolf-Steiner-Schulen respektive Waldorfschulen	113
<i>Lorenz Möschler</i>	
VII Entwicklung von Making-Unterricht in der Volksschule	123
<i>Lea-Martina Burkart</i>	
VIII »Die Stimme von der Schulfront« Technische Bildung in der Praxis	133
<i>Dorothee Bauer, Karin Jarausch, Susanne Knoll und Andreas Mikutta</i>	
IX Forschen und Gestalten als Leitprinzip im Fach Werken Perspektiven für eine zeitgemäße und zukunftsorientierte Fachdidaktik	141

	<i>Annett Steinmann</i>	
X	Diversität in technischen Lernsettings des Primarbereichs Herausfordernden Lernausgangslagen produktiv begegnen	161
	<i>Maximilian Seidler</i>	
XI	Lernausgangslagenorientierte Bildung durch körperbasierte Zugangsweisen Bausteine einer naturwissenschaftlich-technischen Lernumgebung im Primarbereich	179
	<i>Marc Müller</i>	
XII	Phänomen und Praktik Ein Blick vom phänomenbasierten NaWi-Unterricht zum Technikunterricht	201

Kapitel XII

Phänomen und Praktik

Ein Blick vom phänomenbasierten NaWi-Unterricht zum Technikunterricht

Marc Müller

Abstract

Ausgehend von der Kritik an einer Art Standardrezept naturwissenschaftlichen Unterrichtens werden methodische Grundzüge phänomenbasierten NaWi-Unterrichts dargestellt und anschließend zur Identifizierung verwandter Aspekte im Technikunterricht genutzt. In den Fokus rücken dabei das Lehren von Praktiken, das Bilden von Erscheinungsreihen und das Erleben von Widerständigkeit. Das erlaubt es, abschließend auf die Sonderrolle technischer Bildung aufmerksam zu machen, die ihr allein schon deshalb zufällt, weil jede Technik gleichzeitig natürlich wie kulturell geprägt ist.

1 Phänomenbasierter NaWi-Unterricht

Im Innenteil meines Lieblingscomics steht seit einigen Jahren eine Art *NaWi-Seite*. Monatlich wird den Kindern (sie gelten als Hauptzielgruppe der Hefte) ein naturwissenschaftlicher Versuch nebst seiner Erklärung vorgestellt. Immer handelt es sich um eine ansprechend illustrierte Doppelseite und immer befindet sich links die Beschreibung des Versuchs und rechts dessen Erklärung. Wer genauer hinsieht, erkennt insgesamt vier einzelne Schritte (zwei links, zwei rechts), die in Ansprachen an die Lesenden verwandelt in etwa so lauten könnten:

- Nimm *das* und tue damit genau *dies*!
- Stelle *folgendes* dabei fest!
- Lass mich dir das *erklären*!
- Übrigens findest du sowas auch *hier*.

Dieses vierschrittige Vorgehen ist gewissermaßen das Standardrezept naturwissenschaftlichen Unterrichtens. Jedenfalls drängt sich der Eindruck auf, weil

es häufig Grundschullehrkräften zum Nacheifern nahegelegt wird, weil es in populärwissenschaftlichen Beiträgen (Texten, Filmen, Shows) immer wieder befolgt wird und weil es Erwachsene auf naturwissenschaftsbezogene Fragen von Kindern hin intuitiv anzuwenden scheinen.

Dass es neben diesem stark *explanativen* Standardrezept eine Reihe weiterer gibt, überrascht freilich nicht. Als geradezu gegensätzliches Pendant gilt oft ein *exploratives* Vorgehen, wie es in einem phänomenbasierten NaWi-Unterricht häufig zum Einsatz kommt.

Zum einen lässt sich daher das Standardrezept nutzen, um mit ihm bestimmte reduktionistische Züge naturwissenschaftlichen Unterrichtens (und auch Forschens) zu diskutieren. Überraschenderweise lässt sich jedoch zum anderen an ihm ablesen, worin gerade das Grundproblem eines eher phänomenbasierten NaWi-Unterrichts (bzw. einer phänomenbasierten Naturwissenschaft überhaupt) besteht. Um beides geht es in Kapitel 1. Von einem Lösungsvorschlag für besagtes Grundproblem aus blicke ich dann hinüber zum Technikunterricht und diskutiere in den Kapiteln 2 bis 4 nacheinander drei methodische Aspekte, die das Potenzial haben, auf einen (phänomenbasierten) Technikunterricht auszustrahlen. Dabei zeigt sich zuletzt gar eine Überlegenheit des technischen Denkens gegenüber dem naturwissenschaftlichen.

1.1 Gefangen zwischen Wahrnehmung und Theorie

Oft wird das Vorgehen nach dem oben angeführten Standardrezept »Experimentieren« genannt, oder dasjenige, was dort durchgeführt wird, ein »Experiment«. Experimentieren würde allerdings erstens eine Fragestellung und zweitens ein freigestelltes bzw. selbst gewähltes Vorgehen voraussetzen (vgl. Hartinger et al., 2013). Stattdessen ist hier erstens zu Beginn gerade keine Fragestellung vorhanden (jedenfalls nicht auf Seiten der Kinder) und handeln die Kinder zweitens nach einer vorgegebenen Anweisung. Sie führen also vielmehr einen »Versuch« durch (siehe Tab. 1). Vor dem Hintergrund dieser beiden, zur Beurteilung unterrichtlicher Vorgehensweisen äußerst hilfreichen Kriterien ist dasjenige, wozu das Standardrezept anstiftet, also gerade das Gegenteil von Experimentieren.

Eine Versuchsanweisung gemäß den ersten beiden Schritten des Standardrezepts könnte bspw. lauten: *Nimm ein Teelicht, einen Teelöffel und Streichhölzer. Entzünde dann das Teelicht und halte den Löffel einige Sekunden lang*

Tab. 1: »Vier-Felder-Tafel« von Grygier & Hartinger zur Unterscheidung der vier Weisen des Experimentierens in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen (nach Hartinger et al., 2013: 7).

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuche durchführen
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren

über die Flamme. Schau dir dann die Unterseite des Löffels an: Sie ist schwarz geworden!

Jetzt, nach dem korrekten Befolgen der Anweisungen gibt es endlich eine Frage. Sie muss zwar nicht zwingend explizit hingeschrieben sein, aber sie ist doch aufgekommen. Im Kerzenbeispiel lautet sie: *Wieso ist die Unterseite des Löffels schwarz geworden?* Einmal mehr ist es allerdings keine Frage der Kinder. Es ist diejenige Frage, die die Lehrenden im Blick hatten, als sie den Versuch für die Kinder planten.

Noch ist die Debatte um eher reduktionistische oder eher phänomenbasierte Züge naturwissenschaftlichen Unterrichtens gar nicht berührt. *Versuche* kommen schließlich in jedem naturwissenschaftlichen Unterricht vor und dies sicher zu Recht. Entscheidend für die fragliche Debatte ist, was danach passiert. Auf der NaWi-Seite meines Lieblingscomics müssen wir dazu von der linken auf die rechte Seite wechseln. Dort wird jetzt *erklärt*. Unter den Erfolgsbedingungen des Standardrezepts ist daran wenig zu kritisieren. Denn wenn die Frage nun drängend im Raum schwebt, wenn die Lernenden nach einer Antwort lechzen, wenn also der erste Teil des Rezepts »so richtig gut gelaufen« ist, dann stellt die Erklärung den Höhepunkt »der Darbietung« dar.¹

¹ Tatsächlich erinnert diese Dramaturgie an die drei Akte eines Zaubertricks (vgl. Priest, 1995). Auf den ersten Akt (»The Pledge«), in dem das Thema anhand gewöhnlicher Gegenstände vorgestellt wird, folgt der zweite (»The Turn«), in dem mit dem Gewöhnlichen etwas Außergewöhnliches geschieht. Im dritten Akt (»The Prestige«) wird bspw. das Weggezauberte unter Applaus wieder hervorgebracht und so Normalität wiederhergestellt. Er entspricht dem erneuten Sich-Auskennen und Sicher-Sein auf Seiten der Lernenden, nachdem zuvor etwas Ungewöhnliches oder Unerwartetes festgestellt wurde (wie zum Beispiel die Schwärzung eines Löffels). Dieses Wiederherstellen von Normalität kann freilich auf unterschiedliche Weise gelingen.

Trotzdem ist zweierlei auffällig: Weil der Versuch genau beschrieben ist, und das Festzustellende prägnant ausgesprochen, ist es für den Genuss des jetzt anstehenden Höhepunktes im Grund unnötig, den Versuch auch wirklich durchzuführen. Lektüre reicht völlig aus. Mir selbst erging es so bis ins Studium hinein. Keinen einzigen Versuch aus meinem zerlesenen Lieblingsphysikbuch hatte ich je tatsächlich durchgeführt.²

Die zweite Auffälligkeit betrifft die Art der vorgebrachten Erklärungen und ihr fast mythisches Pathos: Die typischerweise an solchen Stellen angebotenen Erklärungen handeln zwar von den zuvor im Versuch benutzten Objekten, sie handeln zusätzlich aber auch von Gegenständen, von deren Anwesenheiten und gegenseitigen Einwirkungen es bisher nicht die leiseste Ahnung gab. Oft, aber nicht immer, handeln sie von »Atomen«. Im Fall der Kerze könnte die (zutreffende) Erklärung bspw. so oder ähnlich lauten: *Was an der Kerze verbrennt, wenn der Docht brennt, ist vor allem das Wachs. Es besteht vor allem aus Kohlenwasserstoffen, das sind Verbindungen aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Wenn das Wachs verbrennt, verbinden sich die Kohlenstoffatome des Wachses mit den Sauerstoffatomen der Luft zu Kohlendioxid, während sich die Wasserstoffatome des Wachses mit den Sauerstoffatomen der Luft zu Wasser verbinden. Allerdings verbrennt nur selten alles Wachs. Der unverbrannte Kohlenstoff färbt den Löffel schwarz.*³

Alles was auf der linken NaWi-Seite beschrieben stand, gehörte zur Welt der Kinder. Alle Gegenstände, alle Tätigkeiten, jedes einzelne gebrauchte Wort. Was auf der rechten Seite als Erklärung dazukommt, ist aus einer Welt entliehen, die für die Kinder prinzipiell unerreichbar ist. Diese Seite handelt von nicht-wahrnehmbaren Entitäten, von Tätigkeiten, die den Umgang mit schwer durchschaubaren Geräten verlangen (falls diese Tätigkeiten nicht gleich ganz verschwiegen werden), und ist mit unerläuterten, fremd klingenden Begriffen angereichert. Es könnte auch eine Episode aus der Odyssee sein, die dort erzählt wird. Oder ein Fragment des Demokrit. Der Grad an Ergriffenheit, das

2 Es handelt sich um eine späte Auflage der wunderbaren *Unterhaltsamen Physik* von Jakov I. Perelman (Perelman, 1989).

3 Offensichtlich folgt auch die Dramaturgie der Erklärung derjenigen eines Zaubertricks (vgl. Fußnote 1): Zuerst werden Elemente des Versuchs wiederholt (das Gewöhnliche), dann wird auf bisher unerwähnte Elemente rekuriert (das Außergewöhnliche) und zum Schluss wird das Gewöhnliche im Außergewöhnlichen aufgezeigt und so erklärt (der eigentliche Trick).

Schwanken zwischen Fiktion und Wahrheit, die Traumferne des Beschriebenen – aus der Perspektive des Publikums machte das kaum einen Unterschied.⁴

1.2 Das Grundproblem phänomenbasierter Naturwissenschaft

Was ich oben so plakativ anhand der NaWi-Doppelseite beschrieben habe, findet sich elaborierter verhandelt auch in der jahrzehntelangen fachdidaktischen Debatte um einen phänomenbasierten NaWi-Unterricht wieder. Und zwar zum einen in Form einer (wenig expliziten) Kritik an dem oben skizzierten Standardrezept und zum anderen (allerdings viel zu selten) als Kritik am phänomenbasierten Gegenvorschlag selbst.

In den Überlegungen Martin Wagenscheins bspw. geht es vorrangig um Unterrichtskonzepte, die von der Lebenswelt der Lernenden her in Richtung der Fachwissenschaften weisen. Mit seinen Vorschlägen wird auch heute noch im deutschsprachigen, akademischen Raum ein an Phänomenen orientierter Physikunterricht besonders eng verknüpft. Wagenscheins fachdidaktisches Programm »Von der Wahrnehmung zur Physik« beschäftigt sich dabei immer wieder mit der linken Seite des Standardrezepts (wenn auch pointierter als das Rezept es beschreibt) und fordert nachdrücklich zur sorgfältigen Überbrückung auf dem Weg hinüber zur rechten Seite auf. Er schreibt gar von einer »Kluft zwischen Schulphysik und Kind«, die es zu »verhüten« gilt durch ein »*behutsames Erwecken der physikalischen Haltung aus den ursprünglichen Phasen des kindlichen Naturverhältnisses* [Hervorhebung im Original]« (Wagenschein, 1962: 109).

An diesem Vorhaben wiederum hat bspw. Heinz Muckenfuß eindringlich Kritik geübt, indem er darauf hinwies, dass die Naturwissenschaften gerade nicht »entstehen als kontinuierliche Fortentwicklung der Einsichten, die sich aus der unbefangenen Wahrnehmung der Phänomene ableiten lassen« (Muckenfuß, 2000: 10). Muckenfuß argumentiert gewissermaßen von der rechten Seite her, zieht den Erfolg der Überbrückungsversuche in Zweifel und verstärkt damit den Bruch, den die Befolgung des Rezeptes mit sich bringt (wenn auch pointierter als das Rezept es beschreibt).

4 Das scheint mir zudem der Grund dafür zu sein, wieso auf das *Lass mich dir das erklären!* noch ein *Und übrigens findest du sowas auch hier!* folgen muss. Denn, überspitzt gesprochen, behauptet die Erklärung Wahrheit, obwohl sie wie Fiktion klingt. Diese Spannung muss gelöst werden. Bspw. durch den Hinweis darauf, *dass sich die beschriebene Schwärzung auch an der Tapete über dem Fenstersims findet, auf dem im Advent immer die Kerzen brennen.*



Abb. 1: Die Vorstellung einer Kluft zwischen Lebenswelt und wissenschaftlichen Welt führt zu der Frage, was zwischen Phänomen und Theorie liegt bzw. ob dieser Bereich tatsächlich leer ist.

Das fachdidaktische Bild, das sich dabei herauskristallisiert, ist das einer Kluft zwischen der Lebenswelt der Lernenden einerseits und der wissenschaftlichen Welt der Experten andererseits (vgl. Abb. 1). Eine der favorisierten Strategien im Umgang mit der Kluft lautet: *Überbrückung*, eine andere: *Hinüberspringen*. Und es gibt sicher noch mehr Strategien.

Was alle diese Strategien jedoch gemeinsam haben, ist die Vorstellung, dass zwischen den beiden Seiten der metaphorischen Kluft nichts liegt, dass die Kluft also *leer* ist. Solange wir jedoch dieser Voraussetzung Glauben schenken, sind wir gefangen in diesem Bild und letztlich auch gefangen im Vorgehen nach dem oben geschilderten Standardrezept. Ich möchte dagegen fragen, was *zwischen* Phänomen und Theorie liegt. In dieser Frage besteht meines Erachtens das Grundproblem einer phänomenbasierten Naturwissenschaft.

1.3 Praktiken!

Wer nach Beiträgen zu phänomenbasierter Physikdidaktik sucht und dabei *phänomenologische*, *phänomenorientierte* oder *erscheinungsorientierte* Beiträge nicht außer Acht lässt, findet mehr als nur »Wagenschein« (siehe Theilmann, 2011: 9–14; Theilmann et al., 2013). Eine zweite Traditionslinie bezieht sich bspw. auf Arbeiten Goethes sowie auf Unterrichtsvorschläge aus der Waldorfpädagogik. Andere Arbeiten wiederum fühlen sich gar keiner Tradition, sondern eher einer Nähe zum Wahrnehmbaren oder einer Ferne zum Reduktionismus verpflichtet. Manche der Beiträge behandeln komplett durchdachte Konzepte, manche nur einzelne Ideen und manche schweifen auch von den mich hier interessierenden naturwissenschaftlichen Gegenständen weit ab.



Abb. 2: Die vier methodischen Schritte einer phänomenbasierten Naturwissenschaft (vgl. Müller, 2017).

Was auf den ersten Blick eine ausufernde Vielfalt zu sein scheint, hat bei näherem Hinsehen Methode. Die Beiträge lassen sich nämlich im Bild der Kluft anordnen und beschreiben gemeinsam (und bei Absehen von ihren konkreten Gegenständen) ein komplettes methodisches Vorgehen (vgl. Müller, 2017, Kap. 12).

Die Beiträge der Wagenschein-Tradition zeigen ein besonderes Interesse für die *Spiele Heranwachsender, mittels welcher diese die Natur kennenlernen*. Sie liefern unzählige Beispiele für erste Variationen (Vereinfachung, Steigerung etc.) der Naturerscheinungen und pendeln damit zwischen den Schritten 1 und 2 eines methodischen Vierschritts (siehe hierfür und im Folgenden die Abb. 2). Die Beiträge der Goethe-Tradition wiederum zeigen ein besonderes Interesse für die *Bedingungen, unter denen Naturphänomene erscheinen*, und beschäftigen sich mit Gegenständen, die zwischen Lebenswelt und Fachwissenschaft liegen. Sie versuchen ausgehend von Variationen bzw. Vermannigfaltigungen die Erscheinungsbedingungen des fraglichen Natur- oder Laborphänomens zu verstehen.⁵ Damit überdecken sie vorrangig den Bereich zwischen den Schritten 2 und 3. Weitere Arbeiten beschäftigen sich damit, von hinlänglich verstandenen Erscheinungsbedingungen her an die elaborierten Konzepte der

⁵ 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) – vgl. weiter unten Kap. 3.

wissenschaftlichen Welt anzuknüpfen. Dabei gehen sie den Weg von Schritt 3 zu Schritt 4 und wenden dabei hauptsächlich Techniken der Abstraktion und des Formalisierens an (vgl. bspw. Grebe-Ellis, 2005; Quick, 2015; Rang, 2015; Grusche, 2018).

Besonders interessant ist der Bereich um den Schritt 2 herum. 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. Müller, 2017, Kap. 15). 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. Es sind diese Praktiken, die die Leere zwischen den beiden Seiten der Kluft auffüllen. Mit Bezug auf Wittgensteins Erfahrungen aus der Sprachphilosophie und seinen *Sprachspielen* können wir sie *Naturspiele* nennen (vgl. Wittgenstein, 2009).⁶ Bildlich gesprochen bieten sie unseren Füßen Halt beim Überqueren der Kluft.

Im Kontext des oben skizzierten NaWi-Beispiels um die rußende Kerze wurde sich genau gegen ein Erkunden dieses Bereiches entschieden. Damit blieb nur der Sprung vom Phänomen zur Theorie. Interessanterweise liegt bereits seit längerem ein umfassend erprobter Unterrichtsvorschlag im Umkreis dieses Beispiels vor, in dem sich anders entschieden wurde: das Lehrstück »Faradays Kerze« (Wildhirt, 2008).

Das Lehrstück beschreibt einen Unterrichtsgang über etwa 20 Lektionen, die sowohl in der üblichen Stundentafel als auch in einer Projektwoche durchgeführt werden können. Es startet mit der *brennenden Kerze* und behandelt nach und nach intensiv die Fragen danach, *was eigentlich brennt, was in der Flamme los ist und wohin die am Verbrennungsvorgang beteiligten Stoffe gehen bzw. woher sie kommen*. Am Ende ist u. a. ein universeller Stoffkreislauf aus »Photosynthese« und »Pyrolyse« aufgeschlossen. Die Kinder folgen dabei den Spuren Michael Faradays und seinen *Weihnachtsvorlesungen für die Jugend* an der Royal Institution in London (Faraday, 1871). Es ist kaum in knappe Worte

6 Mit den wissenschaftshistorischen Arbeiten Friedrich Steinles lassen sich diese Praktiken zudem als genau diejenigen Entdeckungen identifizieren, die in historischen Phasen *explorativen Experimentierens* die Erkundung noch unerforschter Phänomenbereiche erlaubten (Steinle, 2005). Manche dieser entdeckten, entwickelten, gefundenen und erfundenen Praktiken sind später einfach in Vergessenheit geraten – was letztlich wiederum ein Licht auf den Ursprung der beklagten Kluft wirft.

zu fassen, was sie dabei alles *tun* und sich *praktisch aneignen*: aus den Flammen wird Wasser herausdestilliert, Flammen werden zerteilt, Wachsdampf wird gesammelt, Flammen werden durchleuchtet, Pflanzen mit Flammendunst gedüngt usw. usf. Ein schieres Feuerwerk an Praktiken!

Zugegeben, was dort vorgeschlagen wird, passt nicht auf eine einzige Doppelseite. Das war allerdings auch nicht mein Punkt. Es ging mir nur darum, zu zeigen, dass zwischen den beiden Seiten des Standardrezepts sehr wohl etwas liegt. Und darum, dass es *Praktiken* sind, auf die es ankommt, wenn phänomenbasiert unterrichtet werden soll.

2 Praktiken lehren im Technikunterricht?

Ich fokussiere in den folgenden drei Kapiteln auf drei zentrale methodische Aspekte eines phänomenbasierten NaWi-Unterrichts, von denen womöglich auch ein phänomenbasierter Technikunterricht profitieren kann.

Dass ein phänomenbasierter NaWi-Unterricht auf das Lehren von Praktiken nicht verzichten kann, liegt daran, dass Praktiken die Übergänge von Phänomenen zu Theorien bilden. Dass ein Technikunterricht auf das Lehren von Praktiken nicht verzichten kann, muss dagegen nicht eigens begründet werden. Vielleicht muss es nur hin und wieder erneut betont werden! Damit im Zuge neuerer Unterrichtsentwicklungen weder der *analoge Ursprung* jeglicher Arten von Technikverständnis in Vergessenheit, noch die verblüffend simple und nachhaltige *technikunterrichtliche Ausstattung* der Schulen ins Hintertreffen gerät. Etwas überspitzt formuliert benötigt der Technikunterricht während der ersten Schuljahre nicht mehr als ein paar Werkplätze, eine Küche und ein kunterbuntes Lager, vollgestopft mit Materialresten. Keine Lehrbücher, keine Tablets, sondern stattdessen Lehrkräfte, die irgendeine praktische Fertigkeit beherrschen. Egal welche. Und dann einen Platz in der Studententafel.

Zwar ist es ein bildungspolitischer Gemeinplatz, dass *Technik alle unsere Lebensbereiche durchdringt und prägt* (vgl. GDSU, 2013), was dabei mit »Technik« gemeint ist, ist dagegen schwerer zu fassen. Ich selbst halte die antike, bspw. aristotelische Vorstellung von »téchne« für einen hilfreichen Ausgangspunkt (der freilich Schritt für Schritt hin zu modernen Auffassungen verlassen werden kann und auch sollte). Gemäß dieser Auffassung sind die modernen Felder der »Kunst« und »Technik« noch nicht voneinander geschieden, jedoch gleichwohl abgesetzt vom modernen Feld der »Wissenschaften«. Das

gelingt, weil als das Gemeinsame der ersten beiden Felder das *Handwerkliche* hervorgehoben wird, während als das Unterschiedliche auf dem dritten Feld stärker das *Denken* betont wird. Erstaunlicherweise ist *téchne* dadurch nicht einmal abgewertet gegenüber *epistéme*, sondern als eine Voraussetzung erfolgreicher wissenschaftlicher Tätigkeiten gesetzt. Wer sich daran erinnert, dass innerhalb moderner Wissenschaften bspw. Techniken des Abstrahierens, Formalisierens und Darstellens zur Anwendung kommen, wird diese Vorgängigkeit auch dort finden. Technik und Kunst im Sinne von *téchne* stehen jedenfalls, so glaube ich, immer am Anfang – menscheitsgeschichtlich und individualgeschichtlich.

Für den Technikunterricht heißt das meines Erachtens, dass (neben vielem anderen) gelehrt werden sollte, erfolgreich handwerklichen »Rezepten« zu folgen und dabei selbst etwas hervorzubringen. Natürlich gehört dazu auch, einfache handwerkliche Tätigkeiten auszuführen und den Umgang mit bestimmten Werkzeugen zu meistern. Erfolgreich einem Rezept zu folgen, das gar kulturgeschichtlich auf uns gekommen ist, geht darüber jedoch weit hinaus. Ich denke bspw. an folgende werkschaffende Tätigkeiten:

- ein Brot (ohne Backmischung) backen
- Eier auf sorbische Art färben
- einen Löffel schnitzen
- ein Seil drehen
- einen Beutel nähen
- ein Feuer entzünden (usw. usf.)

Um so etwas zu leisten, muss zwingend bestimmten Regeln gefolgt werden. Das ist mit Mühe, oft auch mit Frust und Misserfolg verbunden. Manche der relevanten Regeln sind zudem nicht einmal transparent. Wer das schafft, hat allerdings mehr gelernt, als nur das jeweilige Ziel zu erreichen. Wer das schafft, hat – mehr oder minder meisterlich – eine Technik erlernt. Vom Prinzip her kann bspw. beim Backen eines einzigen Brotes gelernt werden, jegliche Arten von Teigwaren, die jemals irgendwo hergestellt worden sind, zuzubereiten.

Das, so meine ich, ist auch der Unterschied zwischen dem erfolgreichen Befolgen eines Rezeptes und der erfolgreichen Durchführung eines Versuchs. Wer gemäß einer Anleitung einen naturwissenschaftlichen Versuch durchführt, bringt damit ein singuläres Phänomen zur Erscheinung. Um dieses in den Naturzusammenhang einzubetten, bedarf es dann weiterer Variationen und Praktiken (oder eben einer Erklärung). Wer nach einem Rezept etwas her-

stellt, erprobt dagegen ein weitreichend anwendbares Verfahren, eine Technik eben. Das Rezept trägt seine Variationen bereits in sich. Es ist bereits selbst Praktik.

3 Erscheinungsreihen bilden im Technikunterricht?

Einer der erfolgreichsten methodischen »Tricks« einer phänomenbasierten Naturwissenschaft ist das Bilden von Erscheinungsreihen. Die Grundidee stammt von Goethe. In seinem zu Recht berühmten (und passagenweise unübersichtlichen) Aufsatz *Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt* (Goethe, 2006) beschreibt er pointiert ein naturwissenschaftliches Dilemma: Die Naturwissenschaftstreibenden gehen auf der einen Seite stets davon aus, dass die Natur ein zusammenhängendes Ganzes bildet, und beobachten auf der anderen Seite ausnahmslos singuläre Erscheinungen. Die Zusammenhänge, die bspw. durch die Angabe von Naturgesetzen ausgedrückt werden, sind schlicht nicht wahrnehmbar. Deshalb scheint nichts weiter übrig zu bleiben, als sich diese Zusammenhänge kraft eines geübten Verstandes dazu zu denken, also hypothetische Entitäten zu erfinden und diese in genialen Theorien miteinander wechselwirken zu lassen.

Genau das hatte der junge Goethe auch als das gebotene naturwissenschaftliche Vorgehen gelobt (vgl. Müller, 2017: 180). Der älter werdende Goethe stand dem Theoretisieren allerdings zunehmend skeptisch gegenüber. Anstatt die naturwissenschaftliche Prämisse vom Holismus der Natur jedoch zu verwerfen, bot er einen Ausweg an: Wenn wir eine singuläre Erscheinung in überschaubaren Schritten variierten, könnten wir sie in eine andere singuläre Erscheinung überführen und so die Zusammenhänge der Natur erfahrbar machen. Wir müssten dann nicht mehr Theoretisieren, sondern könnten, wenn wir »das Nächste ans Nächste reih[t]en«, die Naturzusammenhänge direkt an der Natur ablesen (Goethe, 2006: 330). »Vermannigfaltigung« heißt diese Variationstechnik bei Goethe (vgl. oben Kap. 1.3 – der späte Wittgenstein hatte sich in genau diesem Punkt von Goethe anstecken lassen und führte u. a. in seinen *Philosophischen Untersuchungen* reihenweise Vermannigfaltigungen von Sprachspielen vor (Wittgenstein, 2009): daher oben die Rede von *Naturspielen*).

An einem Beispiel aus dem Bereich *Spiegel* bzw. *Reflexion* möchte ich das demonstrieren: Außer ebenen Spiegeln werden im Optikunterricht auch ge-

krümmte Spiegel thematisiert. Meist wird zuerst der ebene Spiegel behandelt und mit ihm das Reflexionsgesetz. Anschließend werden einzelne Hohl- oder Wölbspiegel vorgestellt (bspw. Löffel oder Weihnachtskugeln), manchmal auch gekrümmte Zylinderspiegel untersucht (bspw. mit biegsamer Spiegelfolie).

Anstatt, wie es häufig passiert, mit schmalen Lichtbündeln auf die Spiegel zu leuchten und die Lichtwege zu verfolgen, könnten wir, wie es im Unterricht auch gelegentlich geschieht, in diese Spiegel hineinschauen und nach der Struktur der dreidimensionalen Spiegelräume fragen, die hinter den spiegelnden Flächen liegen und in denen die gespiegelten Gegenstände ihre bestimmten Orte haben (Schön, 1994). Es bleibt aber das didaktische Problem, dass der konkrete ebene Spiegel, sowie die konkreten Hohl- und Wölbspiegel einzelne Erscheinungen sind, deren optischer Zusammenhang gedanklich hergestellt werden muss (bspw. durch wiederholtes Verfolgen der Wege reflektierter Lichtbündel und das Konstrukt »Lichtstrahl«). Durch allmähliches Biegen der Spiegelfolie können zwar die Übergänge zwischen den Spiegelformen verfolgt werden, allerdings nur in einer Krümmungsdimension, eben als Zylinder. Was das für die Krümmung einer Spiegelfläche in zwei Dimensionen bedeutet, müssen wir uns auch hier in unserer Vorstellung ausmalen. Eigentlich bräuchten wir einen ebenen Spiegel, der sich zu einer Kugel aufblasen ließe.

Und genau so einen Spiegel können Sie sich bauen! Für einen detaillierten und nachdrücklich zu empfehlenden Konstruktionsvorschlag verweise ich auf die Literatur und deute nur an, dass es möglich ist, spiegelnde Rettungsdecken luftdicht über eine Tonne zu spannen und letztere aufzublasen oder auszusaugen (Schön, 1984; Maier, 2004). Was Sie mit so einem verformbaren Hohl-Wölb-Spiegel erhalten, ist eine lückenlose Erscheinungsreihe, die alle optischen Zusammenhänge der klassischen, einfachen Spiegelformen quasi auf einen Schlag erfahrbar und den Rückgriff auf nur vorgestellte Entitäten überflüssig macht.⁷ Den meisten Menschen wird dabei übrigens kurz schwindlig.

In welcher Gestalt finden sich Erscheinungsreihen im Technikunterricht? Um einen Vorschlag zu skizzieren, wähle ich als Beispiel die Frage, wieso unser

⁷ Eine Vielzahl weiterer Erscheinungsreihen enthalten die *Optik der Bilder* von Georg Maier (Maier, 2003) sowie die *Expeditionen in die Mechanik* von Florian Theilmann (Theilmann, 2006) (– ebenso Grebe-Ellis, 2005; Quick, 2015; Rang, 2015; Grusche, 2018). Auch Sigfried Thiel macht regen Gebrauch von ihnen (vgl. Thiel, 2011).

Fahrrad so konstruiert ist, wie es konstruiert ist. Eine naheliegende Antwort könnte auf die Funktionsweisen von Hebeln, Zahnrädern und Riemen- bzw. Kettengetrieben eingehen, was wichtige Themen für den Technikunterricht sind. Eine andere Art der Antwort könnte zwar gleichfalls auf den Antrieb zielen, aber weit früher mit dem Laufrad beginnen. Vielleicht in etwa so (vgl. dafür Abb. 3):

Angenommen, die »Draisine«, das Laufrad mit Lenkung sei gerade erfunden und jemand neckte Sie mit der Idee, Ihr Exemplar zu optimieren. Sie würden, davon bin ich überzeugt, niemals auf die uns vertraute Lösung des Kettenantriebs kommen. Die beiden Fahrradvarianten liegen einfach zu weit auseinander. Stattdessen stellen Sie nach dem Beschleunigen Ihres Laufrades erst einmal fest, dass die Stöße des über Stock und Stein rollenden Rahmens selbst durch die Auspolsterung zwischen Ihren Beinen nicht ausreichend gedämpft werden. Eine Lösung (außer der Federung Ihres Sitzes) besteht in einer Vergrößerung der Räder, weil größere Räder über Unebenheiten leichter hinwegrollen. Dazu muss die Sitzstange Ihres neuen »Hobby Horse« geschwungen sein, weil Sie sonst mit Ihren Füßen nicht mehr den Boden erreichen. Jetzt fahren Sie nicht nur bequemer, sondern, so Sie mögen, auch schneller als zuvor! Allerdings nur so schnell, wie Sie auch mitlaufen können.

Da bemerken Sie, dass während des geschwinden Hinabrollens eines Hügels Ihre Füße ganz frei sind. Wenn Sie die Nabe des Vorderrades dort, wo Ihre Füße so bequem hinreichen, links und rechts mit einer Kurbel versähen, könnten Sie womöglich noch schneller fahren! Das glückt tatsächlich, aber auch mit Ihrem »Tretkurbelrad« erreichen Sie das alte Limit, wenn auch auf neue Weise: Sie können einfach nicht noch schneller trittreten, obwohl Sie eigentlich noch schneller fahren könnten!

Die Lösung des Problems ist eine Vergrößerung des Vorderrades. Damit legen Sie bei jeder Umdrehung eine längere Strecke zurück und schieben damit das Geschwindigkeitslimit, bei dem Sie nicht mehr trittreten können, nach oben. Und weil Ihnen das nicht reicht, vergrößern Sie das Vorderrad noch weiter. »Hochrad« nennen Sie das Ergebnis. Das Anfahren wird zwar zunehmend mühevoller, weil in dieser Phase gleichzeitig stärkeres Balancieren und der Einsatz Ihres ganzen Körpergewichts beim Antritt gefordert sind. Aber dafür werden Sie später mit immer noch schnellerer Fahrt belohnt.

Leider gefährdet Ihr Fahrstil inzwischen die übrigen Verkehrsteilnehmenden und ist die Fallhöhe beim gelegentlichen Umkippen unangenehm groß. Doch Moment, es gibt schließlich nicht nur Kurbeln, sondern auch Riemen-



Abb. 3: Sechs historische Prototypen des Fahrrads inkl. einer kniffligen Konstruktion (© Weltwissen Sachunterricht, siehe Zolk, 2014).

getriebe in Ihrer Welt! Wenn es Ihnen gelänge, zwischen Kurbel und Radnabe eine Übersetzung einzubauen, meinestwegen über eine Kette, könnten Sie die Radgröße wieder reduzieren. Das ist freilich sehr knifflig, weil die Speichen des Rades der Kurbelwelle im Weg sind. Aber angenommen Sie hätten das gelöst und das Laufrad nun hin zum »Sicherheitsrad« optimiert, könnten Sie den Kettenantrieb dann nicht gleich ans Hinterrad verlegen? Das wäre auf jeden Fall weniger knifflig ...

Was ich hier so salopp skizziert habe, ist keine naturwissenschaftliche Erscheinungsreihe, die Zusammenhänge zwischen weit auseinanderliegenden Natur- oder Laborphänomenen erfahrbar macht, sondern Beispiel für eine Sorte technischer Erscheinungsreihen, die kulturhistorisch weit auseinanderliegende Prototypen miteinander verknüpft. Mir jedenfalls machen solche Reihen verständlich, *dass* und *wie* Erfindungen in Kunst, Technik und Design zwingend Teil einer Entwicklungslinie sein *müssen*. Erfindungen sind nichts Singuläres, sie sind etwas Gewordenes, etwas Aufeinanderbauendes und sich variantenreich Wiederholendes. Techniken sind Teil der Menschheitsgeschichte. Und wir, die sie anwenden, sind es auch.

4 Widerständigkeit erleben lassen im Technikunterricht?

Sich eine Praktik anzueignen, geschieht immer gegen den Widerstand irgendeiner Autorität. Ohne diese könnten wir schließlich beliebig agieren. Das Erlernen der Farbworte bspw. gelingt nur, weil die Sprachgemeinschaft dabei eine Autorität ausübt. Richtige Verwendungen werden bestätigt und falsche sanktioniert. Gleichzeitig bürgt die Sprachgemeinschaft dafür, dass die erlernte Sprachpraxis auch weiterhin gilt und das Erlernete anwendbar bleibt. Das Erlernen bspw. des Fahrradfahrens gelingt wiederum nur, weil hier, im übertragenen Sinn, die Natur eine Autorität ausübt. Auch sie bestätigt gelingende Versuche und sanktioniert falsche Bewegungen. Auch sie bürgt, wieder im übertragenen Sinn, dafür, dass das heute Erlernete morgen noch Erfolg hat.

Dort liegt auch der Grund dafür, dass das Hauptziel einer phänomenbasierten Naturwissenschaft nicht in der Angabe von Naturgesetzen, sondern im Verstehen von Erscheinungsbedingungen besteht. Die Erscheinungsbedingungen drücken am deutlichsten aus, was an dem fraglichen Natur- oder Laborphänomen allein Natur ist. Naturgesetze gehören bereits teilweise wieder zur Sphäre der Kultur. Das fällt bspw. am Thema der oben erwähnten gekrümmten Spiegel auf: Wenn wir uns zur Erklärung optischer Abbildungen an Hohlspiegeln auf das Spiel von Brennpunkt- und Parallelstrahlen einlassen, müssen wir die Spiegelfläche auf achsennahe Bereiche beschränken, weil es in achsenfernen Bereichen zu sogen. Abbildungsfehlern kommt. Das ist aber allein die Folge unseres Interesses an der Konstruktion bestimmter optischer Geräte. Was ein Naturgesetz zu sein scheint, ist eigentlich ein Konstruktionsgesetz, also eine äußerst geschickte Verwandlung von Natur in Kultur (vgl.

Janich, 1973; Tetens, 1982). In einer phänomenbasierten Beschreibung der Spiegelbilder an Hohlspiegeln dagegen kommen Abbildungsfehler nicht vor. Nicht etwa, weil sie dort ignoriert würden, sondern weil der ontologische Platz, an dem sie stehen, bei der Angabe der Erscheinungsbedingungen von Spiegelbildern gar nicht entsteht.⁸

Deshalb ist es auch kein versehentlicher Lapsus, dass oben in Abb.2 die vier methodischen Schritte wie eine Brücke angeordnet sind, obwohl ich in Kap.1.3 gerade gegen die Strategie einer Überbrückung der metaphorischen Kluft argumentiert habe. Alles was »unten« liegt, gehört verstärkt zur Sphäre der Kultur, je weiter wir nach »oben« gelangen, desto näher sind wir der Sphäre der Natur.

Es gibt jedenfalls Widerständigkeiten gegen unsere Praktiken, die sehr klar zur Sphäre der Natur gehören. Neben den Erscheinungsbedingungen sind es bspw. die Materialeigenschaften unserer Baustoffe oder auch unsere eigene physische Konstitution. Andere Widerständigkeiten gehören klar zur Sphäre der Kultur. Neben der Sprachgemeinschaft sind es bspw. unsere Kulturgeschichte, unsere Institutionen oder auch schlicht die aktuelle Mode. Sie alle schreiben unseren Praktiken jeweils bestimmte Grenzen vor und bürgen gleichzeitig für ihr Gelingen. Dafür, zu erfahren, welche der Sphären in bestimmten Situationen wie Autorität hat, müssen wir die jeweilige Widerständigkeit erleben.

An dieser Stelle erlangt alles Technische eine ausgezeichnete Sonderrolle. Denn die Technosphäre umgreift sowohl die natürliche als auch die kulturelle. Tätigkeiten wie das erfolgreiche Befolgen bewährter Rezepte oder das Erfinden, Tüfteln und Reparieren gelingen stets nur unter geschickter Ausnutzung der Widerständigkeiten von sowohl Natur als auch Kultur.

Daraus (und aus anderen, hier nicht erwähnten Elementen) erwächst ein besonderer Status des Technikunterrichts innerhalb der Menge der Grundschulfächer. Damit fällt ihm allerdings auch eine besondere Verantwortung zu. Er müsste ja nicht nur dazu anstiften, sich in der Technosphäre zu tummeln, sondern auch dabei helfen, die verschiedenen Bereiche voneinander unterscheiden zu lernen. Nicht immer explizit, aber stellenweise dann schon.

8 Thomas Quick hat das am Beispiel der Schatten ausgeführt, wo in der vollständigen phänomenbasierten Beschreibung die Unschärfe von Schattenrändern nicht als Abbildungsfehler gedeutet, sondern als systematische Abbildung der Form der verwendeten Leuchte erkannt wird (Quick et al., 2009).

Literatur

- Faraday, M. (1871): *Naturgeschichte einer Kerze. 6 Vorlesungen für die Jugend.* Berlin: Oppenheim.
- GDSU – Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013): *Perspektivrahmen Sachunterricht.* Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Goethe, J. W. von (2006): Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt. Kautelen des Beobachters. *In: Richter, K. (Hrsg.), Sämtliche Werke nach Epochen seines Schaffens, Münchner Ausgabe (Band 4.2).* München: Btb Verlag, 321–332.
- Grebe-Ellis, J. (2005): *Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisation. Entwicklung einer phänomenologischen Beschreibung der Polarisation als Grundlage für Curricula zur Polarisation in Schule und Hochschule.* Berlin: Logos.
- Grusche, S. (2018): *Ein bildbasierter Zugang zur Linsenabbildung und Spektroskopie.* Dissertation. Weingarten: Pädagogische Hochschule Weingarten.
- Hartinger, A.; Grygier, P.; Tretter, T. & Ziegler, F. (2013): *Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren.* Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Janich, P. (1973): *Zweck und Methode der Physik aus philosophischer Sicht.* Konstanz: Univ.-Verl.
- Maier, G. (2003): *Optik der Bilder.* Dürna: Verl. der Kooperative.
- Maier, G. (2004): Ein verformbarer Hohl-Wölb-Spiegel. *In: Grebe-Ellis, J. (Hrsg.), Blicken, sehen, schauen. Beiträge zur Physik als Erscheinungswissenschaft.* Dürna: Verl. der Kooperative, 63–77.
- Muckenfuß, H. (2000). Retten uns die Phänomene? Anmerkungen zum Verhältnis von Wahrnehmung und Theorie. *Plus Lucis* 9(3), 10–14.
- Müller, M. (2017): *Grammatik der Natur. Von Wittgenstein Naturphänomene verstehen lernen.* Berlin: Logos. <https://doi.org/10.5281/zenodo.343889>.
- Perelman, J. I. (1989): *Unterhaltsame Physik.* Moskau, Leipzig: MIR [u. a.].
- Priest, C. (1995): *The Prestige.* London: Touchstone.
- Quick, T. (2015): *Phänomenologie der optischen Hebung.* Berlin: Logos.
- Quick, T.; Müller, M. & Grebe-Ellis, J. (2009): Mathematische Beschreibung von Schattenbildern im Kontext der phänomenologischen Optik. *In: Nordmeier, V. & Grötzebach, H. (Hrsg.), Didaktik der Physik. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG 2009 in Bochum.* Berlin: Lehmanns Media.
- Rang, M. (2015): *Phänomenologie komplementärer Spektren.* Berlin, Logos.
- Schön, L.-H. (1984): Bilder am großen Spiegel. Beispiele für eine Berücksichtigung affektiver Komponenten im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie* 32(12), 429–433.
- Schön, L.-H. (1994): Ein Blick in den Spiegel. Von der Wahrnehmung zur Physik. *Physik in der Schule* 32(1), 2–5.

- Steinle, F. (2005): *Explorative Experimente. Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik*. Stuttgart: Steiner.
- Tetens, H. (1982): Was ist ein Naturgesetz? *Journal for General Philosophy of Science – Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 13(1), 70–83. <https://doi.org/10.1007/BF01801186>.
- Theilmann, F. (2006): *Expeditionen in die Mechanik. Themen und Motive für erscheinungsorientierten Physikunterricht*. Stuttgart: Pädag. Forschungsstelle beim Bund der Freien Waldorfschulen.
- Theilmann, F. (2011): *Die Kunst der Untersuchung. Essays zu einem erscheinungsorientierten Physikunterricht*. Habilitationsschrift. Potsdam: Universität Potsdam.
- Theilmann, F.; Buck, P.; Murmann, L.; Østergaard, E.; Hugo, A.; Aeschlimann, U. & Rittersbacher, C. (2013): Phänomenologische Naturwissenschaftsdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Positionierung und erziehungswissenschaftliche Folgerungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)* 19, 397–416.
- Thiel, S. (2011): Der springende Ball – Erfahrungen und hochschuldidaktische Reflexionen. In: Hempel, M. & Wittkowske, S. (Hrsg.), *Entwicklungslinien Sachunterricht. Einblicke in die Geschichte einer Fachdidaktik*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 175–185.
- Wagenschein, M. (1995): *Die Pädagogische Dimension der Physik*. Aachen-Hahn: Hahner Verl.-Ges.
- Wildhirt, S. (2008): *Lehrstückunterricht gestalten. »Man müsste in die Flamme hineinschauen können«*. Bern: hep.
- Wittgenstein, L.; Anscombe, G. E. M.; Hacker, P. M. S. & Schulte, J. (2009): *Philosophische Untersuchungen. Philosophical Investigations*. Chichester, West Sussex, U.K, Malden, MA: Wiley-Blackwell.
- Zolk, M. (2014): Das Fahrrad – Geschichte und Technik. *Weltwissen Sachunterricht* 2014/1, 48–53.

Autor

Marc Müller, Dr.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Humboldt-Universität zu Berlin, Sachunterricht und seine Didaktik

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Didaktik des Sachunterrichts, Phänomenologische Zugänge zur Physik, Lehrstückunterricht, Wissenschaftsphilosophie

Unter den Linden 6, 10099 Berlin

mueller.marc@hu-berlin.de