

Inspirationen Martin Wagenscheins  
Quellen von Martin Wagenscheins  
pädagogischen Anschauungen und seine  
bleibende Aktualität im didaktischen Umfeld

von

**Thomas Schultheis-Kneip, geb. Kneip**

aus Korweiler

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der  
Naturwissenschaften, Fachbereich 3: Mathematik/Naturwissenschaften,  
Universität Koblenz

Gutachterinnen und Gutachter:

Prof. (UM6P) Dr. Christian B. Fischer

Prof. Dr. Peter Ullrich

Prüfungskommission:

Prof. (UM6P) Dr. Christian B. Fischer

Prof. Dr. Peter Ullrich

Prof. Dr. Barbara Hahn

Tag der mündlichen Prüfung: 21.07.2023

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Fragestellung.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Biographische Betrachtung .....</b>	<b>12</b>
3.1	Biographie Martin Wagenscheins .....	12
3.2	Politisch-gesellschaftlicher Wandel in Wagenscheins Wirkungszeitraum .....	18
<b>4</b>	<b>Historische Voraussetzungen: Bildung, Physik und Kultur .....</b>	<b>19</b>
4.1	Bildungsbegriff / Bildungskonzepte und Physik – ein Überblick .....	19
4.2	Klassischer Bildungsbegriff seit Wilhelm von Humboldt .....	21
4.3	Exkurs: Morphologie.....	29
4.4	Ernst Mach .....	32
4.5	Naturerkenntnis und historisch-philologische Erkenntnis bei Dilthey.....	35
4.6	Kerschensteiners und Litts Auseinandersetzung mit der humanistischen Bildungstradition .....	37
4.7	Materiale, formale und kategoriale Bildung.....	51
<b>5</b>	<b>Fachdidaktik der Physik – Kompetenzkonzepte der Gegenwart .....</b>	<b>61</b>
5.1	Historische Skizze .....	62
5.2	Physikdidaktik der Gegenwart .....	70
5.2.1	Gegenstandsbestimmung.....	71
5.2.2	Bildungsstandard und Kompetenzmodell .....	76
5.2.3	Spezialprobleme der Physikdidaktik .....	82
<b>6</b>	<b>Positionen u. grundlegende Problemstellungen in Wagenscheins Werk ..</b>	<b>91</b>
6.1	Physik im Zusammenhang: „Natur physikalisch gesehen“ (1953) .....	92
6.2	Didaktische Prämissen .....	108

6.3	Physik und Bildung .....	108
6.4	Exemplarisches Lernen und Lehren .....	113
6.5	Genetisches Lehren .....	120
6.6	Technik.....	125
6.7	Physik und sprachliche Darstellung .....	132
<b>7</b>	<b>Wagenscheins Positionen als aktuelle Anregung.....</b>	<b>142</b>
7.1	Die Wagenschein-Rezeption – ein Überblick .....	142
7.2	Wandel des Naturbegriffs.....	147
7.3	Technik.....	152
7.4	Selbstverständlichkeit oder Staunen.....	157
7.5	Phänomene .....	160
7.6	Verstehen.....	164
7.7	Naturwissenschaftliche Methode .....	167
7.8	Sprache und Physikunterricht.....	169
7.9	Kultur – zwei Kulturen.....	179
7.10	Interesse.....	182
7.11	Gender .....	192
7.12	Ethische Bewertung und gesellschaftliche Relevanz .....	196
7.13	Messung des Lernerfolgs.....	200
<b>8</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>201</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungs-, Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>215</b>
9.1	Abbildungsverzeichnis .....	215
9.2	Publikationen Martin Wagenscheins.....	216
9.3	Forschungsliteratur.....	218

## 1 Einleitung

In welcher Hinsicht gehört Physik zur Bildung? Was kann die Beschäftigung mit Physik zur Herausbildung selbstbewusster Schülerinnen und Schüler beitragen? Lehrt Physik denken? Dies sind nur einige, hier zugespitzt formulierte Fragen, die von Martin Wagenscheins (1896-1988) naturwissenschaftsdidaktischen Überlegungen aufgeworfen werden. Sie sind, auch wenn sie naiv klingen mögen, nicht trivial. Antworten, die Wagenschein konzipiert und Zeit seines Lebens vertreten hat, mögen sogar einfach aussehen und scheinen deshalb überzeugend; in einem produktiven Verhältnis zu Positionen der Fachdidaktik stehen sie im Augenblick jedoch kaum.

Wagenschein formulierte seine Grundideen in vielen Vorträgen und Publikationen, er verfolgte sein Programm ein Leben lang. Er engagierte sich vor allem mit Begeisterung im Umgang mit jungen Leuten. In seiner Autobiographie zitiert er aus einem Brief an den hessischen Kultusminister, in dem er die ihm angetragene Leitung eines gymnasialen Modellversuchs (,Schuldorf Bergstraße‘) als Direktor ablehnt, um sich nicht völlig der Verwaltungstätigkeit ergeben zu müssen:

Ich sehe – und mehr noch sehen es andere, die es mir sagen –, daß ich einen ganz bestimmten Auftrag habe. Er kommt unmittelbar aus dem praktischen Unterricht, und zwar aus dem physikalischen. Sein Ziel ist aber nicht fachlich im engeren Sinne. Er gilt der Humanisierung der mathematischen Naturwissenschaft, ihrer In-Eins-Setzung mit den künstlerischen und religiösen Grundkräften des Menschen (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 74).

Die Problematik, die sich hier bei näherer Betrachtung zeigt, vereint mehrere Gründe für das Spannungsverhältnis zwischen ,Humanisierung‘ und naturwissenschaftlichem Unterricht in sich. Es geht, wenn der Rahmen etwas weiter aufgespannt wird, um den gewandelten Bildungsbegriff und korrespondierende pädagogische Konzepte, um Auffassungen von Lernzielen und zu erwerbenden Fähigkeiten oder Fertigkeiten, um das Ansehen der Physik im öffentlichen Raum überhaupt und nicht zuletzt um die Ableitung von Curricula für die verschiedenen Schulformen. Zu beachten ist auch, dass ein Begriff

von ‚Natur‘ heute im öffentlichen Diskurs Bedeutungen umfasst, die nicht in erster Linie mit dem Bestandteil ‚Natur-‘ in ‚Naturwissenschaften‘ übereinstimmen.

Bloß Pädagoge zu sein, war für Wagenschein kein Gewinn, er verstand sich emphatisch als Physiker, der einen Beitrag zur Bildung leisten wollte: „Denn Physik ist ja auch die Wissenschaft des von uns Machbaren“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 101). Sein Anliegen betrifft nicht allein ein pädagogisches Problem, sondern berührt zugleich die Wissenschaftsphilosophie und mit ihr eine Methodenlehre, Verstehenstheorie und Anthropologie. Wagenschein hat sich allerdings nie ausdrücklich als Philosoph gesehen (wohl aber sei „eine gewisse philosophische Anfälligkeit [...] gewiß da gewesen und immer gegenwärtig geblieben“; Wagenschein <sup>2</sup>1989: 17), seine historischen Anknüpfungspunkte aus der Antike (u. a. Sokrates, Epikur, Thales), der Frühen Neuzeit (Leonardo, Kepler, Galilei, Goethe, Lichtenberg) und den Debatten zur Zeit des Positivismus im 19. Jahrhundert (Mach) rechtfertigen aber eine entsprechende Kategorisierung.

Naturwissenschaften standen lange nur am Rand des Bildungskanons und selbst in der heutigen durch und durch naturwissenschaftlich geprägten Welt gelten sie der Allgemeinheit als kaum verständliche Domäne von Spezialisten. Dies betrifft vielleicht im höchsten Maße sogar die Physik, während Biologie und Chemie über Life Science, Gesundheits- und Naturschutz sowie Ernährungswissenschaft Anknüpfungspunkte zu Themen des öffentlichen Interesses haben. Erkenntnis von Natur als Grundlagenwissen ist hingegen weder in Mediendebatten noch in Bildungsvorstellungen deutlich vorhanden. Für die Gestaltung menschlicher Lebenswelt wird sie als eine Art Hintergrund für technische Entwicklungen geschätzt, gilt aber als für Laien uninteressant oder zu schwierig. Selbst Technik, so stark sie allgegenwärtige Zivilisationsleistungen seit mehr als 200 Jahren beherrscht, hat von alters her nur einen untergeordneten Platz im Allgemeinwissen, sobald der Kontext unmittelbarer oberflächlicher Anwendung überschritten werden soll. Wagenschein befürchtete schon in den 1960er Jahren, die wachsende Selbstverständlichkeit technischer Ausstattung verringere letztlich das Interesse für deren Funktionsprinzipien. Er prognostizierte geradezu jene „gespaltene Haltung“ (Muckenfuß 1995: 84) von Lernenden, dass Technik eben vorhanden sei, nicht

jedoch von allen verstanden werden müsse: „Important, but not for me“ (Gebhard et al. 2017: 136).

Dieser Zustand ist aus der Gegenwart heraus nicht einfach zu verstehen, bei unvoreingenommener Betrachtung müsste er sogar sehr verwundern. Gerade aus einem heute weiter abnehmenden Interesse für Physikunterricht heraus (vgl. Benke 2012: 217) – und einem gleichfalls geringen Interesse der Öffentlichkeit an deren Gegenständen – weckt Wagenscheins Optimismus Aufmerksamkeit. Die These ist anregend: Physik könne nicht nur für Lernende interessant sein, sondern auch deren Verhältnis zur Existenzgrundlage ‚Natur‘ und der daraus abgeleiteten Technik produktiv und identitätsstiftend in ihre Bildung integrieren. Das entsprechende Wissen bewährt sich lebenslang bei den Erwachsenen. Der Bildungsbegriff, von dem Wagenschein anfangs ausging, entsprach jedoch nicht dem heutigen. Deshalb erfordert seine Analyse einen aufmerksamen Rückblick in die Geschichte des Bildungsverständnisses. Der aktuelle Zustand, die Vorteile einer technisierten Welt für selbstverständlich zu halten, sich mit deren Grundlagen jedoch nicht außerhalb einer spezialisierten Berufstätigkeit befassen zu wollen, rührt schon aus einer langen Tradition her. Er ist auch mit zunehmender Technisierung nicht korrigiert worden und hat heute unter gewandelten Bedingungen mit neuen Ursachen zu kämpfen.

Wagenschein hat die Problematik keineswegs allein entdeckt oder benannt, weder als erster noch als innovativster Pädagoge. Seine Ideen überschneiden sich mit denen Georg Kerschensteiners (1854-1932), Theodor Litts (1880-1962) und Wolfgang Klafkis (1927-2016), die sich mit dem Verhältnis von Naturwissenschaften und Technik zur klassischen Bildungstradition auseinandersetzten. Welcher dieser maßgeblichen Theoretiker der (auch naturwissenschaftlichen) Bildung und Didaktik auf Wagenschein Einfluss hatte oder andersherum von ihm zu Gedanken angeregt wurde, ist nicht eindeutig zu klären – doch konzeptionelle Zusammenhänge bestehen offensichtlich. Bildungstheoretische Bezugsgrößen in der weiter zurückliegenden Vergangenheit sind für Wagenschein ferner Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) und Ernst Mach (1838-1916).

Wagenscheins Denken fußt zu Beginn seiner wissenschaftlichen Arbeit noch ganz auf dem klassischen Bildungsbegriff Wilhelm von Humboldts (1767-1835). Diese Verbindung wird im Zuge der Umbrüche der Pädagogik in den späten 1960er Jahren

jedoch zunehmend gelockert. Es ist allerdings unübersehbar, dass Wagenschein einem subjektzentrierten Konzept von Bildung treu blieb, auch wenn er den zunächst geradezu in Misskredit geratenen Terminus ‚Bildung‘ zu umgehen versucht: Das „abgegriffene Wort möchte ich – aus Respekt vor dem, was es meint – gern etwas ruhen lassen und es hin und wieder durch das nüchternere ‚Formatio‘ ersetzen“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 56; Erstdruck 1968). Deutlich ist dem Diktum zu entnehmen, dass Wagenschein durchaus bereit war, sich diskursiven Neuerungen im Dienste der Sache anzupassen, wohl aber seine Überzeugungen dafür nicht leichtfertig aufgab. Diese konstruktive Haltung regt um so mehr dazu an, seine Ausführungen auch heute noch auf ihren bislang ungenutzten pädagogischen Mehrwert hin zu untersuchen.

Grundsätzlich scheinen sich die Bedingungen für das Bildungsinteresse an Physik seit dem Beginn von Wagenscheins pädagogischen Überlegungen nicht nennenswert verbessert, wenngleich strukturell geändert zu haben. Dies gilt besonders für die Interessenlage von Schülerinnen und Schülern: Geradezu verzweifelt bemüht sich die Pädagogik, das geringe und schnell erlahmende Engagement nachwachsender Jahrgangskohorten für naturwissenschaftliche Fächer zu stimulieren. Zu den Naturwissenschaften sind dabei durch den ständig wachsenden technischen Entwicklungsstand der Gesellschaft auch Informatik und Technik getreten, als MINT-Fächer (Mathematik – Informatik – Naturwissenschaften – Technik) werden sie laufend als zukunftsweisend mit besten Berufsaussichten beworben. Doch stets klingt dabei der Ruf nach benötigtem Spezialistentum durch, dass MINT zu den allgemeinbildenden oder allgemein bildenden Fächern gehören könnte, zu jenen, die wichtige Kompetenzen und Reflexionsvermögen befördern, kommt nicht zum Ausdruck.

Auch diese Haltung ist seit dem 19. Jahrhundert bereits vertraut. Wagenschein hielt sie für eine der Ursachen dafür, dass eine naturwissenschaftliche Grundbildung (heute oft verkürzend als *scientific literacy* bezeichnet; vgl. Nerdel 2017) hintan gestellt wurde, um in der Sekundarstufe schnellstmöglich auf Spezialisierung zu drängen. In den Lehrplänen wurde Physikunterricht als Vorbereitung auf ein Fachstudium propagiert. Dem stellte Wagenschein die Forderung nach gründlicher (und deshalb langsamer) Hinführung zu einer von den Individuen selbst zu entdeckenden Naturkenntnis entgegen. „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“, wie es der Titel einer seiner

Aufsatzsammlungen (1965) auf den Punkt bringt, sollten die Ziele des schulischen Physikunterrichts sein, keine forcierte Vorbereitung auf berufliches Spezialistentum.

Wagenscheins pädagogisches Anliegen, praktiziert in seiner eigenen Unterrichtstätigkeit und später in didaktischen Konzepten vorgetragen, umfasst das Kennenlernen von Natur, die selbstständige Zusammenfassung von Beobachtungen bis hin zur Formulierung (zunächst nur vermuteter) Gesetzmäßigkeiten durch die am Unterricht Teilnehmenden, sowie eine durch schrittweises Erarbeiten abstrakt beschreibende Betrachtungsweise. Zeit seines Lebens sind für ihn die Entdecker physikalischer Grundprinzipien aus der Frühen Neuzeit Vorbild. Galileis astronomische Beobachtung der Venus und die von ihm später unter Hausarrest unternommenen Versuche zum Fallgesetz demonstrieren in Wagenscheins Augen nicht nur, wie beobachtete Naturerscheinungen den Ausgangspunkt von physikalischen Entdeckungen und Schlussfolgerungen bilden (müssen), sondern wie die Sicherheit der Beobachtung – dass es das, was gesehen wurde, tatsächlich, unverrückbar und immer wiederkehrend gibt – eine unbestechliche Denkweise entstehen lässt. Entscheidend ist dabei die Erfahrung, dass dies für jedes Individuum gilt, aus Subjektperspektive also als ‚Natur für mich‘, und dass diese Einsicht Selbstgewissheit gegenüber der Natur begründe. Der persönliche Bezug zur Natur führt zu physikalischer Denkweise, nicht der Nachvollzug einer von Lehrpersonen vorgetragener Naturwissenschaft: Damit werde „bestenfalls ein höfliches Hinsehen erreicht“ (Wagenschein 1965/1960: 401).

Wagenschein nennt dies eine ‚Methode‘, erhebt aber nicht den Anspruch, Schülerinnen und Schülern standardisierte Verfahren ‚beizubringen‘, sondern ihnen Anlässe zu bieten, Natur zu ‚verstehen‘ und dabei auch ‚Methode‘ immer neu zu (er-)finden. Großen Wert legt er auf die Offenheit, Neues zu sehen und sich anzueignen. Wagenscheins Konzept des naturwissenschaftlichen Erfahrungswissens ist heute kein dominierender Bestandteil des Physikunterrichts und der diesbezüglichen didaktischen Analysen. Aktualität gewinnen seine Ausführungen, auch wenn sie mitunter recht altertümlich formuliert wirken, durch die Benennung von Problemen, die weiterhin oder sogar verstärkt bestehen. Wagenschein selbst hat im Laufe der westdeutschen Bildungsreformen mehrfach angemerkt, dass seine anfangs auch von renommierten Fachphysikern zustimmend aufgenommenen Überlegungen wenig Einfluss hatten. Im Rückblick halten ihn einige für

einen „Rebell, der sich [...] nicht durchsetzen konnte“ (Engelbrecht 2003: 10) – dieser Eindruck kann entstehen, wenn man retrospektive Darstellungen des Autors liest, wo er sich etwa zugute hält, „gegen den Strich der üblichen Hochschul- und Schuldidaktik zu bürsten“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 85). Doch eine unvereinbare ‚Paralleldidaktik‘ beabsichtigt er nicht, sein Denken wurde dort produktiv, wo er sich von vorgefundenen Gegebenheiten abgrenzen wollte. Wagenschein war ein Kritiker, der aus der kritischen Haltung heraus Optimismus entfaltete.

Erschöpfende Bibliographien finden sich im Online-Wagenschein-Archiv. Völlig außerhalb der fachdidaktischen Diskussionen stehen Wagenscheins Konzepte heute nicht, sie werden zitiert und in einigen didaktischen Arbeiten auch als weiterführende Anregung aufgegriffen. Es kommen jedoch nur ausgewählte Aspekte vor, seine Ergebnisse werden fragmentiert: Im Rahmen didaktischer Analysen zur Physik und Mathematik werden nur einige seiner zentralen Begriffe herausgehoben. Dabei handelt es sich vor allem um das ‚exemplarische‘ Lernen und Lehren, das vor allem auf das Problem nicht zu bewältigender Stofffülle bezogen wird, sowie die auf ‚Phänomenen‘ beruhende ‚genetische‘ Methode, die eine ausgeprägte lernpsychologische Komponente enthält (vgl. in Auswahl: Engelbrecht 2003; Raithel / Dollinger / Hörmann <sup>3</sup>2009: 84f.; Kircher <sup>2</sup>2009: 60 u. öfter; Geiß 2013: 85ff., Adamina / Möller <sup>3</sup>2010: 104ff., Niermann 2017: 64ff., Köhnlein 2022: 250ff.). Forschungsarbeiten, die sich diesbezüglich ausschließlich oder in weiten Teilen mit Wagenscheins Didaktik befassen, liegen vor von Walter Köhnlein („Die Pädagogik Martin Wagenscheins“ 1973) und Florian Theilmann („Die Kunst der Untersuchung“ 2011). In der Tradition der Bildungstheorie verortet ihn Werner Kutschmanns Monographie („Naturwissenschaft und Bildung. Der Streit der ‚Zwei Kulturen‘“ 1999). Als unrealisierbar kritisiert Alexander Engelbrecht („Kritik der Pädagogik Martin Wagenscheins“ 2003) die ‚genetisch-sokratisch-exemplarische‘ Lehrart.

Wagenscheins Konzept von Physikunterricht richtet sich auf Natur als Gegenstand, immer wieder schiebt er Technik als wichtig, aber nicht grundlegend bildend, in den Hintergrund. Diese Positionsnahme steht in direktem Zusammenhang mit gleichlautenden Haltungen bei Mach, Kerschensteiner und Litt, während die gegenwärtige Fachdidaktik eher den Schwerpunkt auf technische Gegenstände legt.

Technik hat in den Stoffkanones längst den Vorrang erhalten. Das Lernziel lautet außerdem, naturwissenschaftliche Kenntnisse zu erwerben, nicht sich diese über eine schrittweise Erkenntnis der Natur selbst zu erarbeiten.

Einige weitere Spezialthemen der naturwissenschaftlichen Didaktik, die zudem im Fach Physik besonders ausgeprägt sind, werden von Wagenschein berücksichtigt, aber nicht ausführlich und keineswegs mit besonderer Betonung behandelt. Die Odenwaldschule, in der er wesentliche pädagogische Erfahrungen sammelte, war ein früher Ort „des damals revolutionären Prinzips der ‚Koedukation‘“ (Schwitalski 2015: 14). Wagenschein stellte jedoch keine genderspezifischen Unterschiede in seinem Physikunterricht fest. Seine Erfahrung in öffentlichen Schulen beschränkt sich natürlich, der Zeit entsprechend, auf Jungengymnasien, wo das Problem nicht auftreten kann.

Die ‚kommunikative‘ und ‚(Fach-)Sprachkompetenz‘, die heute in den Lehrplänen zusätzlich zur physikalischen Problemlösungskompetenz als pädagogisches Ziel genannt wird, ist bei Wagenschein in seinen ‚Lehrgangs‘-Konzepten enthalten. Er setzt allerdings die Schwerpunkte etwas anders, als dies heute getan wird: ‚Fachsprache‘ ist für ihn kein Element des Schulunterrichts, allenfalls wird in der Oberstufe zur Fachterminologie hingeführt. Dass eine eigentliche Fachsprache der Physiker an der Schule im Übrigen nichts zu suchen habe, macht er unmissverständlich klar. Man kann seine Ausführungen allerdings auch so deuten, dass der bescheidene physikalische Wortschatz, der heute ‚Fachsprache‘ im Rahmen der Unterrichtssprache genannt wird, für ihn gar keine Fachsprache repräsentierte, sondern Standardsprache mit einigen Fachwörtern darstellte. Dass Standardsprache mit angemessener Grammatik und einem bildungsorientierten Wortschatz im Endeffekt eine für viele Lernende im Gymnasium schwer zu erklimmende Hürde darstellende könnte, auf den Gedanken dürfte er noch nicht gekommen sein. Trotzdem bietet sein Konzept, Standard- und vor allem Fachsprache zunächst aus dem Unterricht zu verbannen, damit die Lernenden sich ihre Beobachtungen und Schlussfolgerungen im eigenen jugendlichen Sprachregister aneignen, aktuell Anknüpfungspunkte, die zu bedenken wären.

An einen Unterschied von Wagenscheins Texten, die oft auf mündliche Vorträge auf Kongressen und in Seminaren zur Lehrerfortbildung beruhen, zu heutigen Forschungsbeiträgen der Fachdidaktik müssen sich Leser erst gewöhnen: Wagenschein

spricht von Schülerinnen und Schülern, nicht von Konzepten. Unablässig schildert er Beispiele aus seiner Unterrichtserfahrung, inszeniert auf Fortbildungsveranstaltungen beispielhaft Schulstunden mit dem Auditorium und äußert sich immer aus seiner Rolle als Lehrer heraus. Didaktik ist für ihn keine abstrakte Wissenschaft, sondern ein fortwährender Umgang mit Lernenden. Der von ihm selbst empfundene Auftrag „unmittelbar aus dem praktischen Unterricht“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 74) zeugt zugleich von einem unstillbaren Optimismus in Bezug auf die Lernfähigkeit der ihm Anvertrauten und auf den Erfolg seiner eigenen Tätigkeit. Glaubt man ihm seine positiven Erfahrungen – und es gibt wenig Grund, ihnen vollständig zu misstrauen –, so wirken die Texte durchaus einschüchternd. Hält man es für eine Inszenierung oder den Effekt von Naivetät, für eine rosarote Brille, so bieten seine Vorschläge doch immer noch genug Stoff, um darüber nachzudenken.

Wagenschein hat in seiner Praxis als Lehrer Verfahren entwickelt, Physik ‚menschengerecht‘ zu unterrichten, später hat er als akademischer Dozent Lehramtsstudierende mit seinen Erfahrungen und Überlegungen vertraut gemacht. In welchem beträchtlichem Maße die selbsttätige Beobachtung von Naturphänomenen und das aus ihrer Beschreibung heraus entstehende ‚exakte Denken‘ in Spannung zu heutiger Kompetenzpädagogik steht, wird in vorliegender Arbeit ausführlich zu thematisieren sein – der Verfasser ist sich zugleich im Klaren darüber, dass eine erste Haltung von Interessenten lauten wird: ‚Wieso? Das ist doch alles Dasselbe‘. Natürlich sind die Elemente in Wagenscheins Konzept auch kompetenzpädagogisch zu reformulieren. Sie verlieren dabei jedoch ihren Bezug zu ihrer bildungstheoretischen Begründung, ja sogar zum gesellschaftlichen Bedeutungsrahmen.

## 2 Fragestellung

Die übergeordnete Frage nach der Aktualität von Wagenscheins didaktischem Denken ist auf verschiedene Teilgebiete gerichtet. Wagenscheins pädagogische und didaktische Entwürfe reichen von wissenschaftstheoretischen Erörterungen bis zu konkreten didaktischen Modellen, den ‚Lehrgängen‘. Da letztere als Beispiele für Wagenscheins ‚genetisch-sokratisch-exemplarisches‘ Lehren in der didaktischen Forschung bereits verschiedentlich Beachtung erfahren haben, stehen sie hier nicht im Zentrum. Gleichwohl bilden sie einen wichtigen Anknüpfungspunkt, weil ihre Aktualität, das heißt partielle Anschlussfähigkeit an heutige Didaktik, Konsens ist.

Als Basismodell der Lehrkonzeption Wagenscheins verweisen sie auf Kontexte, die hier näher zu analysieren sind. Sie bilden historische gewachsene Voraussetzungen des Konzeptes, dienen der weit reichenden Begründung bestimmter Verfahren. Sie enthalten außerdem Hinweise auf Bildungs- und Unterrichtsprobleme, die sich in den 1950er- und 60er-Jahren auch den aufmerksamen Beobachtern erst marginal andeuteten, bis heute aber erheblich an Gewicht gewonnen haben.

Dies betrifft im größeren Rahmen die Integration naturwissenschaftlicher Erkenntnis in die Allgemeinbildung, gerade auch die fortgeschrittene Allgemeinbildung in der Gesellschaft. In Wagenscheins Auffassung geht es nicht nur um ‚lebensbewältigende‘ *scientific literacy*, sondern um Identität gebende Erfahrung und Reflexion.

1. Gefragt wird nach den historischen Kontexten, in die Wagenschein seine Konzeption einschreibt, er stützt sich auf bildungstheoretische Ausarbeitungen Kerschensteiners, Litts und Klafkis.

Wagenschein zielt auf die Verankerung eines Naturbegriffs in der Bildung einer Person, der zwei Sichtweisen enthält: Eine intuitive, lebensbezogene und eine abstrahierende physikalische. Er regt damit die Herausbildung von *scientific awareness* an, ohne die Rückbindung der Individuen an persönliche Naturerfahrung, Naturerlebnis und Entdeckungsfreude einem berufsorientierenden Spezialistentum zu opfern. Wagenschein verteidigt individuelle Lernpfade gegenüber allgemeinen Lernzielen, um die individuelle Entfaltung von Verstehensprozessen zu fördern.

2. Gefragt wird nach seiner Konstruktion einer ‚Natur-Lehre‘, die in didaktischer Anwendung diese Bildungsziele verfolgt.

Lernpsychologisch zielt Wagenscheins Unterrichtskonzept auf Stärkung des kritischen Denkvermögens auf der Basis von Erfahrungswissen. Er verwirft zwar nicht den ‚darstellenden Unterricht‘, weist aber oft auf Gefahren der Routinisierung und des Auswendiglernens von unverstandenen Begriffen und Formeln hin.

3. Gefragt wird nach den Begründungen für einen vom Individuum ausgehenden Lehr- und Lernkonzept. Im Mittelpunkt stehen dabei seine Ausführungen zu ‚verstehen‘, ‚beobachten‘, ‚experimentieren‘, ‚formalisieren‘ und ‚systematisieren‘.

Wagenscheins Optimismus, seine Erfahrungen aus der Reformpädagogik der späten 1920er Jahre verallgemeinern zu können, wirft Fragen nach deren aktueller Realisierbarkeit auf. Die veränderten Bedingungen des Lernens müssen unter sozialen Gesichtspunkten überprüft werden. Dies betrifft vor allem die Beziehung des Lernens zu Einstellungen und Wissensbeständen in öffentlichen Diskursen (vor allem Mediendiskursen), einen gewandelten Naturbegriff in öffentlichen Diskursen.

4. Gefragt wird nach dem Bedeutungsumfang von ‚Natur‘ und ‚Technik‘ in öffentlichen Diskursen der Gegenwart.

Wo Wagenschein wie selbstverständlich Neugier der Lernenden als voraussetzende Motivation unterstellt, sind heute wohl eher ein achselzuckendes Gefühl für Alltäglichkeit, des begrenzten Interesses und geringer Spontaneität in der Schule zu beobachten. Könnte Wagenscheins Vorgehensweise diese, von der Fachdidaktik aktuell als gravierende Probleme erforschten Gegebenheiten in eine andere Richtung lenken?

5. Gefragt wird nach Wagenscheins Verortung von ‚Neugier‘, ‚Interesse‘ und ablehnender ‚Selbstverständlichkeit‘.

Schließlich hat Wagenschein sich umfangreich zur Sprachverwendung beim Physikkernen geäußert. Dabei geht es nicht um die Etablierung – und gegebenenfalls Förderung – einer anzunehmenden ‚Bildungs-‘ und ‚Fachsprache‘, sondern um die schrittweise Entwicklung von einer individuellen Jugendsprache über eine

Unterrichtssprache hin zur Schriftsprache. Wagenschein weist darauf hin, dass im Schulunterricht eine physikalische Fachsprache weder nötig noch erreichbar sei. Er reserviert diese für die Spezialausbildung im Physikstudium.

6. Gefragt wird nach den Schritten der sprachlichen Entfaltung beim Physiklernen.

Die Kontextuierung, die Wagenschein in seinen Überlegungen vornimmt, erfordert eine historische Rekonstruktion. Seine Begriffe und Argumente beziehen sich auf bildungstheoretische Muster, die bis an den Beginn der Frühen Neuzeit zurückreichen.

### 3 Biographische Betrachtung

#### 3.1 Biographie Martin Wagenscheins

Die biographischen Angaben in diesem Kapitel folgen im Wesentlichen dem Abriss im Nachlass Wagenscheins im Bundesarchiv (vgl. Nachlass Wagenschein) sowie seiner Autobiographie. Weitere biographische Details werden vereinzelt in Forschungsarbeiten genannt, eine geschlossene biographische Forschung zu Wagenschein gibt es jedoch bisher noch nicht. Auch die noch zu Lebzeiten Wagenscheins abgefasste pädagogische Dissertation von Köhnlein (1973) teilt keine weiteren Daten mit, ebenso wie sich der biographische Abriss bei Gerwig (2015) im Wesentlichen auf die Autobiographie stützt.

Martin Wagenschein beendete sein Studium der Physik, Mathematik und Geographie mit einer Promotion in Physik 1921 (Dissertation: „Experimentelle Untersuchung über das Mitschwingen einer Kugel in einer schwingenden Flüssigkeits- oder Gasmasse“), erwarb aber auch das erste und nach einem Referendariat an einem Gymnasium das zweite Staatsexamen. Er unterrichtete bis 1952 an verschiedenen Höheren Schulen, wobei er die öffentlichen Schulen mehrheitlich als wenig inspirierend erfuhr, das Reformprojekt ‚Odenwaldschule‘, an dem er 1924 bis 1933<sup>1</sup> beteiligt wurde, hingegen als den Zugang zu einer pädagogisch freieren Welt, die ihm viele Anregungen für innovative Lehr- und Lernmethoden vermittelte (vgl. Wagenschein 1989: 31ff.).

Wagenschein publizierte gleichzeitig in wissenschaftlichen Zeitschriften Aufsätze über die Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts. Das Angebot einer akademischen Karriere als Fachwissenschaftler lehnte er ab, weil er den Austausch mit Menschen, mit jungen Menschen zumal, suchte. Diese Haltung blieb auch im Erwachsenenalter bestehen: „Es gab Anfragen [1955], ob ich nicht dies oder jenes werden wolle. Aber wie sehr hätte mich die Leitung einer großen Schule oder ein Ordinariat von meinem Thema

---

<sup>1</sup> Gründer und Lehrkörper der Schule wurden nach der nationalsozialistischen Machtergreifung politisch verfolgt und das reformpädagogische Projekt aufgehoben, die Schule ideologisch gleichgeschaltet. Ein Teil der Belegschaft wählte die Emigration in die Schweiz; vgl. mit Bezug auf Wagenschein Klappenecker 2007: 32 Anm. 10.

abgelenkt!“ (Wagenschein 1989: 74). Es scheint unnötig, darauf hinzuweisen, dass dies eine andere Haltung als die heutiger Fachdidaktik darstellt.

Vom Posten des Fachleiters für Physik am Studienseminar in Darmstadt aus erhielt Wagenschein ab 1949 erste akademische Lehraufträge, zunächst zum Thema „Naturwissenschaftliche Erkenntnispsychologie“. Nachfolgend verlagerte sich seine fachliche Tätigkeit vollständig auf die Didaktik der exakten Naturwissenschaften. Bis 1972 bekleidete er in diesem Fachgebiet die Stelle eines festen Lehrbeauftragten an der Pädagogischen Hochschule Frankfurt mit begleitenden Lehraufträgen an der Technischen Hochschule Darmstadt, von Frankfurt wechselte er als Honorarprofessor für Fachdidaktik an die Universität Tübingen (bis 1978). Die im akademischen Gefüge mindere Stellung als Honorarprofessor zeigt, dass die Didaktik auf diesem Gebiet fachlich noch gar nicht etabliert war, oder, in einer anderen Interpretation, dass ein praxiserprobter Quereinsteiger wie Wagenschein nicht ohne Weiteres Zugang zur akademischen Hierarchie erhielt. An seiner fachlichen Eignung, ja herausragenden Bewährung, wie auch an der Notwendigkeit der Vermittlung seiner Erfahrungen bestand kein Zweifel, sonst hätte man ihn nicht so nachdrücklich zu binden versucht.

Die Autobiographie ist als Hauptquelle für Wagenscheins Biographie aufzufassen. Nachteilig mag sein, dass die retrospektive Entfaltung eines eigenen Lebens aus der späteren Perspektive wertende Verzerrungen bewirken kann. Bemerkenswert ist vor allem, dass der Autor wenig Jahreszahlen nennt. Auf der anderen Seite ist es von Vorteil, dass er die Entwicklung seiner Ansichten zurückbezieht auf eigene Jugend- und folgende Entwicklungsjahre, er bemüht sich um eine zusammenhängende Entwicklungslinie seiner eigenen Gedanken.

In chronologischer Übersicht stellt sich Wagenscheins Lebensweg folgendermaßen dar:

Kindheit, Schulzeit	3.12.1896	in Gießen geboren
	1902-14	Schulzeit in Gießen. Selbstcharakteristik als Schüler: „braver Zweierschüler“ „vielseitig interessiert“ (Wagenschein 1989: 15) etwas „verstehen“; nicht bloß „wissen“ (ebd.: 16)
Studienzeit	1914ff.	Studium der Physik, Mathematik und Geographie an der Universität Gießen. Kein Militärdienst, da herzkrank (vgl. Müller/Schumann 2022: 295)
	1919	Studienortwechsel nach Freiburg/Br.
	1920	Erstes Staatsexamen / „wissenschaftliche Staatsprüfung“ (Wagenschein 1989: 21)
	1921	Promotion in Physik zum Dr. phil. <sup>2</sup> bei Geheimrat Prof. Dr. König in Gießen
Berufsbeginn	1921/22	Ein Jahr Assistententätigkeit am Lehrstuhl König – „Der Zauber der Wissenschaft hatte begonnen, mich in seinen Sog zu nehmen. Aber in ihrem Raum zu bleiben, wie mir bisweilen nahegelegt wurde, dazu war es mir dort zu menschenleer“ (ebd.: 23).
	1923	Zweites Staatsexamen für das „höhere Lehramt“ (ebd.: 21) Staatsarbeit „Förderung der Sprache durch den naturwissenschaftlichen Unterricht“ (ebd.: 21).

---

<sup>2</sup> Die Promotionsdatenbank des Archivs der Universität Gießen verzeichnet das Doktorat in der Philosophischen Fakultät, bezeichnet den Kandidaten aber zugleich als „cand. rer. nat.“; [www1.uni-giessen.de/plone/include/ub/archiv/prom.php](http://www1.uni-giessen.de/plone/include/ub/archiv/prom.php); Zugriff 25.10.2021.

	1923	Einstellung in den Schuldienst in Hessen – „Aber auch Lehrer wurde ich nur zögernd. Es war mir zwar aufgefallen, daß ich Kommilitonen etwas klar machen konnte, falls ich es selber verstanden hatte.“ (ebd.: 23).
Odenwaldschule	1923-32	Beurlaubung aus dem Staatsdienst, Lehrer an der reformpädagogischen Odenwaldschule in Ober-Hambach – 1929 Rückkehr für ein halbes Jahr an eine staatliche Schule, um einen pädagogischen Vergleich zu haben (ebd.: 39).
Im staatlichen Schuldienst (bis 1957)	1932	am Jahresende Rückkehr in den staatlichen Schuldienst
	1933	Mitgliedschaft in NS-Volkswohlfahrt und NS-Lehrerbund
	1938	Beitritt zur NSDAP (vgl. Brumli 2004: 192)
	1945	Neuorientierung im Schuldienst nach dem Zusammenbruch der Nazi-Herrschaft
	1947	Entlastung im Entnazifizierungsverfahren. Aus der Begründung des Spruchkammerentscheids: „[...] hat bei den Schülern kritisches Urteilsvermögen durch ÜBUNG geschärft und so selbstständiges Denken in jeder Hinsicht begünstigt, [...] leistete damit einen starken aktiven Widerstand gegen das autoritäre Erziehungssystem. Seine pädagogischen Schriften [...] beweisen, dass er Widerstand mit Konsequenz und Klugheit geleistet hat.“ (Müller/Schumann 2022: 296)
	1947	Ernennung zum Fachleiter für das Fach Physik am Studienseminar in Darmstadt
	1947-53	Mitglied im Landesschulbeirat

	1951	Beteiligung an der „Tübinger Resolution“, dem Manifest einer Fachtagung zur Funktion des Physikunterrichts
Hochschule	1952-87	Lehraufträge an der Technischen Hochschule Darmstadt für „Naturwissenschaftliche Erkenntnistheorie“ (vgl. Müller/Schumann 2022: 297)
	1955	Verleihung der „Goethe-Plakette“ durch den hessischen Kultusminister
	1956-78	Honorarprofessur für Didaktik der Naturwissenschaften an der Universität Tübingen; persönliche Bekanntschaften mit Eduard Sprangen und Theodor Litt
	1956-57	Aufenthalt an der Hochschule für Internationale Pädagogische Forschung (HIPF) in Frankfurt/M.
	1960	Berufung in den „Deutschen Ausschuß für das Erziehungs- und Bildungswesen“
	1978	Ehrendoktorwürde der TH Darmstadt
Tod	3.4.1988	Tod in Trautheim (Müller/Schumann 2022: 297)

Nachvollziehbar sind Wagenscheins Ideen und Erfahrungen nicht nur durch seine eigene autobiographische Darstellung, sondern auch durch seine Publikationen. Die Struktur des gesamten Korpus ist geprägt von einer Kumulation unselbstständiger Veröffentlichungen (Aufsätze oder Artikel), die über Jahrzehnte hinweg vom Autor selbst oder von ihm fachlich nahe stehenden Herausgebern gesammelt, neu zusammengestellt und wieder gedruckt wurden. Typisch für diese Veröffentlichungspraxis sind kumulative Sammelbände wie „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“ (1965). Darin tritt deutlich zu Tage, dass sich Gedanken und Darstellungsstil des Verfassers über die

Jahrzehnte nur wenig verändert haben, die Aufsätze aus den 1930er Jahren stehen ohne auffällige Abweichungen neben neueren Ausarbeitungen.

Dass viele Aufsätze auf Vorträge bei Tagungen zurückgehen, ist an sich kein bemerkenswerter Umstand, darin zeigt sich jedoch noch einmal, dass aus Wagenscheins Arbeit weniger eine geschlossene Theorie, als vielmehr häufig praxisbezogene Problemdiskussionen hervorgingen. Bei der Analyse und Interpretation grundlegender Gedanken, die durchgängig daraus zu rekonstruieren sind, ist trotzdem auf das jeweilige Datum und den Ort der Erstveröffentlichung zu achten: Die Entwicklungslinie des Ansatzes hat durchaus eine Struktur der Einzelschritte und entstand keineswegs aus einem ‚großen Wurf‘, der dann anschließend in Details weiter ausgearbeitet worden wäre (wie dies bei den für Wagenschein wichtigen pädagogischen Theoretikern Kerschensteiner, Litt und Klafki eher der Fall war).

Natürlich hat auch Wagenschein monographisch publiziert, seine wenigen geschlossenen Buchtexte haben jedoch eine vergleichsweise geringe Bedeutung im Œuvre, so die Monographie „Die Erde unter den Sternen“ (1955, Manuskript begonnen 1943; Wagenschein 1989: 74). Obwohl er zu Fachtagungen häufig eingeladen wurde und in Gremien mitwirken konnte, sah Wagenschein schon Ende der 1950er Jahre den schwindenden Einfluss seiner Anregungen: „So lebe ich in einer pädagogischen Untergrundbewegung. Denn im Großen leben wir in einer furchtbaren Restauration“ (Wagenschein 1989: 78).

### **3.2 Politisch-gesellschaftlicher Wandel in Wagenscheins Wirkungszeitraum**

Der Zeitraum von Wagenscheins Schulzeit und Studienjahren bis zum Ende seiner langen Lehr- und Vortragstätigkeit umfasst mehrere gesellschaftliche Umbrüche, die auch die Auffassung von Schule und Lernen, das Menschenbild allgemein und die Anforderung betreffen, die die Gesellschaft an nachwachsende Generationen stellt oder für deren Zukunft imaginiert. Wagenscheins didaktisches Interesse musste sich unter den stetigen Wandlungen des 20. Jahrhunderts bewähren: Aufgewachsen im Kaiserreich, in die Wissenschaft und Lehrerlaufbahn eingetreten in der Weimarer Republik, von der reformpädagogischen Entwicklung abgeschnitten durch die erzwungene Emigration der Gründer der Odenwaldschule, Mitglied in NS-Volkswohlfahrt, Lehrerbund und schließlich der NSDAP, von der ideologischen Nähe zur Nazi-Diktatur freigesprochen, einbezogen in den Aufbau eines demokratischen Schulsystems im westlichen Nachkriegsdeutschland, herausgefordert von der emanzipatorischen Pädagogik der späten 1960er und 1970er Jahre bis hin zu einer ausgefeilten Kompetenzdidaktik nach den bildungsreformerischen Ansätzen seit der sozial-liberalen Koalition ab 1972 musste sich sein Denken an immer anderen Rahmenbedingungen messen lassen.

Selbstverständlich ist der Wandel eingebettet in politische Umstände, diese werden hier jedoch nur insofern berücksichtigt, als sie pädagogische und fachdidaktische Strukturveränderungen durch Bildungsreformen und Schulpolitik prägen. Über die Jahrzehnte hinweg betrachtet, bestätigt sich der Befund des Untersuchungsausschusses für die Verwicklungen in nationalsozialistisches Macht- und Ideologie-Ausübung, dass Wagenschein Schülerinnen und Schüler nie in erster Linie systemkonform, sondern immer im Sinne geistiger Selbstständigkeit unterrichtet habe.

## **4 Historische Voraussetzungen: Bildung, Physik und Kultur**

Bevor auf die zentralen Begriffe aus Wagenscheins Auffassung von einem bildungsfördernden naturwissenschaftlichen Unterricht eingegangen werden kann, sei ein Blick auf die Entwicklung der Unterrichtstheorie, der Lernmodelle und der Situierung von Naturwissenschaften im Spektrum der Bildungskonzepte geworfen. Es wäre im Rahmen des hier gewählten Themas zu einfach, Wagenscheins Vorschläge und Überlegungen in einer rein schulpraktischen Didaktik der Physik zu verorten. Es geht vielmehr darüber hinaus um das Bildungsgefüge, von dem die gesamte Gesellschaft geprägt ist.

### **4.1 Bildungsbegriff / Bildungskonzepte und Physik – ein Überblick**

Wagenscheins Aufsatz „Bildung durch Naturwissenschaft“ von 1930 und die Monographie „Naturwissenschaft und Bildung“ von 1932 greifen ein Thema auf, das schon seit der Einführung von Real- und Oberrealschulen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den deutschen Staaten lebhaft diskutiert worden war (vgl. Daum 2002: 46ff.). Modellbildend waren die preußischen Schul- und Hochschulreformen seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts, die in vielerlei Hinsicht später von anderen Staaten partiell übernommen wurden. Zentralisierte homogene Standards für alle Länder gab es jedoch nicht, Schul- und Hochschulorganisation sind sogar bis heute Ländersache.

Dass die zunehmende Entwicklung der Naturwissenschaften und Technik Eingang in den Schulstoff finden musste, ergab sich aus der großen Anzahl neu entstehender Berufe ebenso wie aus der Verbreitung der Technik im Alltagsleben. Naturwissenschaften und Technik galten als ‚Beschäftigung mit Sachen‘ (‚Realien‘), für die zunächst neuartige spezialisierte Schulen entstanden, 1832 wurden die ersten Oberrealschulen eingerichtet (vgl. Kircher <sup>2</sup>2009: 17), die als höhere Schulen den Gymnasien aber noch nicht gleichgestellt waren, sondern als eher berufsbildend angesehen wurden. Erst ab 1882 wurden in Preußen nicht nur die Abschlüsse der Oberrealschulen denen der humanistischen Gymnasien bis 1900 schrittweise gleichgestellt, sondern auch eine Annäherung der ersten drei Gymnasialjahre an das Curriculum der Realschule

vorgenommen. Von da ab ist von einem naturwissenschaftlichen Unterricht im engeren methodischen Sinne zu sprechen.

Trotzdem standen sich im höheren Bildungssystem die humanistische Tradition – basierend auf älteren Lateinschulen (meist mit einer Vergangenheit als Klosterschulen) – und die jüngere Ausrichtung auf naturwissenschaftlich-technische Bedürfnisse scheinbar unversöhnlich gegenüber. Dieser „Humanismus-Realismus-Streit“ (Lundgren 1979: 209) fand relativ abgehoben von den wachsenden Erfolgen naturwissenschaftlich-technischer Zivilisation statt, die Bildungsdiskussion blieb ein eigener Diskurs, der auf Vorstellungen von humanistisch gebildeten Individuen in traditioneller Bedeutung ausgerichtet blieb. Schon der Publikationszeitpunkt der genannten Texte Wagenscheins um 1930 belegt, dass bis weit in das 20. Jahrhundert hinein die Frage des Verhältnisses von humanistischer und naturwissenschaftlicher Bildung keineswegs positiv beantwortet worden war, die Kontextuierung von Physik mit Bildung mag sogar als Provokation empfunden worden sein. Nach 1945 kam es zu systematischen Auseinandersetzungen darüber, in die Wagenschein einbezogen war – bis heute wirkt jedoch der Gegensatz der aus der Tradition heraus unvereinbaren Sachgebiete fort, obwohl die traditionelle humanistische Bildungsidee längst kein leitendes Modell mehr bietet. Was bleibt, ist eine Kluft zwischen naturwissenschaftlich-mathematischen und ‚anderen‘ Fächern.

Theoretiker der Pädagogik wie Kerschensteiner, Litt und Klafki haben Grundlegendes zur Klärung der Bedingungen dieses Gegensatzes erforscht und den Versuch unternommen, das Erlernen der beiden großen Fachgebiete in einem handhabbaren Bildungsbegriff gleichermaßen zu verankern. Für die Praxis ist das Problem jedoch auch von ihnen nicht vollständig gelöst worden, so dass heute noch Pädagogik und Didaktik der Naturwissenschaften als separates Feld untersucht werden. Im Vorgriff auf die folgende historische Skizze zur Entwicklung des Verhältnisses zwischen humanistischer Bildung und Naturwissenschaften sei auf Theodor Litts Einsicht hingewiesen, dass im Verhältnis beider Fachgebiete eine Bildungs-„Antinomie“ (Litt 1952: 96), ein unauflösbarer Widerspruch bestehe, mit dem nicht nur ein modernes Bildungssystem umzugehen, sondern dem sich auch das gesellschaftliche Bewusstsein zu stellen habe. Wolfgang Klafki hat sich bemüht, die Unvereinbarkeit der gegensätzlichen Positionen

auf eine Polarität zweier verschiedener Fächergruppen abzumildern, ohne freilich Litts Argument entkräften zu können.

#### 4.2 Klassischer Bildungsbegriff seit Wilhelm von Humboldt

Der Begriff ‚Bildung‘ ist in Deutschland historisch bis heute mit dem Namen des preußischen Schul- und Hochschulreformers Wilhelm von Humboldt (1767-1835) verbunden. Sein Name steht in den aktuelleren Diskussionen allerdings nur noch als Chiffre für einen weithin unbestimmten Bildungs-Mythos (vgl. Ash 1999; Tenorth 2012).



Dieser genießt hohe Reputation und gilt im Großen und Ganzen als konsensfähig, wenn man nicht detailliert festlegt, welche Merkmale ihm zugewiesen werden sollen. Zum geläufigen Konsens gehören im Kern ein Bildungsideal, theoretische Beiträge zum Verhältnis zwischen Erziehung und Bildung, ein Menschenbild sowie Ausführungen zur Einrichtung von Lehranstalten.

Abb. 1: Briefmarke zum 150. Todestag Wilhelm von Humboldts (Quelle: siehe Abbildungsverzeichnis)

Humboldts einflussreiche Anregungen entstanden in den Jahren 1809 und 1810 im Rahmen der breitenwirksamen preußischen Reformen – allen voran diejenigen, die mit den Namen Stein und Hardenberg verbunden sind – und stellten der seit rund 100 Jahren geltenden Schulpflicht ein neues Konzept hierarchisch aufgebauter Schultypen zur Seite (vgl. Humboldt 1964a-c). Dies entspricht insgesamt dem Aufbau von Grund- und weiterführenden Schulen bis hin zum Gymnasium. Für die theoretische Konzeption eines abstrakten Bildungsbegriffs sind zugleich einige von Humboldts zuvor veröffentlichten grundlegenden philosophischen Aufsätzen bedeutsam, unter anderen „Theorie der Bildung des Menschen“, „Über den Geist der Menschheit“ oder „Über die Gesetze der Entwicklung der menschlichen Kräfte“ (vgl. Humboldt 1960a-c).

Bevor auf Humboldts Begründungen einer humanistischen Bildung eingegangen wird, seien vorab deren gesellschaftliche Rahmenbedingungen erwähnt: Während in den pädagogischen und didaktischen Diskussionen der vergangenen Jahrzehnte ein humboldtscher Bildungsbegriff gewöhnlich als überaus traditionell und damit

konservativ beschrieben wird – Eigenschaften, die seine praktische und politische Ausgestaltung im Laufe des 19. Jahrhunderts durchaus bekam –, kann er für seine Entstehungszeit als sehr kritisch und innovativ angesehen werden. Wolfgang Klafki hat dies in der Auseinandersetzung mit der Bildungstradition mehrfach betont: „Jenes Bildungsideal entsteht [1770-1810] also auf dem Hintergrund scharfer Zeit- bzw. Zivilisationskritik als ‚Auflehnung wider den Zeitgeist‘“ (Klafki 1982: 311).

Anlass für die Zeitkritik war ein Lebensgefühl, das unter der „Rationalisierung und Reglementierung“ der fortgeschrittenen Aufklärungsepoche, repräsentiert unter anderem durch die Bürokratie spätabolutistischer Regierungen, zu leiden begann. Menschen fühlten sich zunehmend als Funktionsträger, als Teile einer großen, anonymen Maschinerie. In der Literaturgeschichte gilt eine (seinerzeit unveröffentlichte) Rezension des goetheschen Dramas „Götz von Berlichingen“ von Jakob Michael Reinhold Lenz als exemplarischer, wenngleich natürlich überspitzter Ausdruck dieses Lebensgefühls und der Sehnsucht nach einem ich-bezogenen Ausbruch aus einer übernormierten Welt. Sie enthält nicht nur literaturkritische Maximen, sondern auch allgemeine Zeitkritik:

heißt das gelebt? heißt das seine Existenz gefühlt, seine selbstständige Existenz, den Funken von Gott? Ha er muß in was Besserm stecken, der Reiz des Lebens: denn ein Ball anderer zu sein, ist ein trauriger niederdrückender Gedanke, eine ewige Sklaverei, eine nur künstlichere, eine vernünftige aber eben um dessentwillen desto elendere Tierschaft. [...]

Das lernen wir hieraus, daß handeln, handeln die Seele der Welt sei, nicht genießen, nicht empfindeln, nicht spitzfündeln, daß wir dadurch allein Gott ähnlich werden, der unaufhörlich handelt und unaufhörlich an seinen Werken sich ergötzt: das lernen wir daraus, daß die in uns handelnde Kraft, unser Geist, unser höchstes Anteil sei, das die allein unserm Körper mit allen seinen Sinnlichkeiten und Empfindungen das wahre Leben, die wahre Konsistenz den wahren Weert gebe, daß ohne denselben all unser Genuß all unsere Empfindungen, all unser Wissen doch nur ein Leiden, doch nur ein aufgeschobener Tod sind (Lenz 1992: 403).

Dass sich Zeitkritik an literarischen Texten orientiert, ist für das späte 18. Jahrhundert beileibe kein Sonderfall. Literatur war Grundlage für die gesellschaftliche Verständigung und die Orientierung der öffentlichen Meinung. Sie wird im Folgenden noch häufig im Rahmen der Bildungsvorstellungen zu nennen sein. Noch in der von Snow 1959

losgetretenen Diskussion um ‚zwei Kulturen‘ steht der naturwissenschaftlichen die literarische Bildung als Gegenpol gegenüber (vgl. Percy 1987). Lenzens historischer Text ruft dazu auf, den Ordnungen der Vernunft, auch jener der Naturwissenschaften und der Technik, nicht mehr zu folgen, kein Rädchen zu werden, das durch rationale Strukturen zur Funktion gezwungen ist, während menschliche Wünsche eigentlich sinnliche und handelnde Ausdrücke des Selbst umfassen.

Einem verachteten Bild der regelhaften Natur als einer Maschine werden die lebendige Kraft und das erhebende Gefühl eigener Taten entgegengestellt. Natur als Maschine zu denken, als mathematisierbare technische Einrichtung, gehörte zu den wichtigen Neuerungen der Aufklärung, den Schöpfer als „großen Werkmeister“ (oder Uhrmacher) zu interpretieren, der seine Schöpfung nach, wie es in der Bibel im Buch der Weisheit (Wsh 11) heißt, „Maß, Zahl und Gewicht“ (vgl. Folkerts et al 1989) gestaltet habe, war aufklärerischer Ausdruck einer szientifischen Weltansicht. Dieser Vorstellung widersetzt sich der kritische deutsche Bildungsbegriff vom Ende des 18. und Beginn des 19. Jahrhunderts. So weit diese Vorstellung auch historisch zurückliegt, unverständlich ist sie heute wohl nicht.

Die an jugendliche Raserei grenzende Begeisterung für große Taten, wie Lenz sie im Stil des literarischen Sturm und Drang vortrug, wurde wenige Jahre darauf durch eine Wendung zur Kunstdoktrin der Klassik gemäßigt, der Vorbehalt gegen mathematisierbare und bürokratische Ordnungen hingegen blieb. Humboldts Bildungsvorschläge richteten sich auf die Begründung eines selbstbewussten Individuums, das aus sich selbst heraus handelt, denkt und fühlt. Dafür ist eine geeignete Bildung des individuellen Bewusstseins notwendig, deren Vorbild am Beispiel antiker Vorbilder gewonnen werden soll. In der Phase der sogenannten deutschen Klassik bildet sich auch jener Gegensatz heraus, in dem die ‚rechnende‘ Naturwissenschaft, die mit dem Namen Newtons verbunden wird, einem anderen (man könnte sagen: philosophisch-ganzheitlichen) Ansatz in Goethes Naturverständnis (beispielsweise als „Morphologie“ [vgl. Goethe 1817-1824]) gegenüber gestellt wird. Dieser Gegensatz spielt noch bis weit ins 20. Jahrhundert hinein – lebhaft bei den pädagogischen Theoretikern Litt und Klafki (vgl. Klafki 1982: 315) – eine wichtige Rolle bei der Bestimmung des möglichen Bildungsbeitrags der Naturwissenschaft.

Das Bewusstsein des klassisch gebildeten Individuums ist zu beschreiben durch „die drei Begriffe: *Individualität, Totalität, Universalität*“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 16). Sie betonen die intellektuelle Selbstständigkeit des Menschen gegenüber der Welt – er soll kein Rädchen in einer Maschine sein –, die in sich selbst ruhende Abgeschlossenheit seines Denkens und Wollens sowie die Zuversicht, es mit allen Fach- oder Wissensgebieten universell aufnehmen zu können. Es sei nachdrücklich darauf hingewiesen, dass damit eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Natur und ihren Gesetzen keineswegs ausgeschlossen wird, diese jedoch gegenüber historischen, auf die Geschichte des Menschen bezogenen Stoffen zurücksteht. Ausgeschlossen aus dem idealisierten Bildungsbegriff wird jedoch, dass der Mensch sich der ‚Maschine Natur‘ als Maschinist zu bedienen habe und somit in Abhängigkeit von ihr gerät, wie es Lenz im obigen Zitat nennt, in „Sklaverei“ oder gar „Tierschaft“, kurz: seine umfassende Selbstbestimmtheit verliert. Humboldt lässt im Hinblick auf den Bildungsbegriff die Frage offen, welche Inhalte und Fachgebiete zu berücksichtigen seien:

Es wäre ein grosses und trefliches Werk zu liefern, wenn jemand die eigenthümlichen Fähigkeiten zu schildern unternähme, welche die verschiedenen Fächer der menschlichen Erkenntnisse zu ihrer glücklichen Erweiterung voraussetzen; den ächten Geist, in dem sie einzeln bearbeitet, und die Verbindung, in die sie alle mit einander gesetzt werden müssen, um die Ausbildung der Menschheit, als ein Ganzes, zu vollenden (Humboldt 1960a: 234).

Der klassische Bildungsbegriff proklamiert ein hohes Ziel, das abstrakt bleibt und in einer Praxis kaum didaktisierbar ist. Er konstituiert ein Ideal, das selbst aus Idealen der Vergangenheit abgeleitet wird. Humboldt betrachtet die Geschichte als eine Abfolge von Leistungen des menschlichen ‚Geistes‘. ‚Geist‘ steht hier über Materie, Physik wäre, zugespitzt gesagt, eine Niederung, die zum menschlichen Denken und Schaffen nichts beiträgt und nur die Bedingungen praktischer Realisierbarkeit beschreibt. ‚Geist‘ ist ein historisch gebundener Begriff, der heute nicht einfach weiter verwendet werden kann, er umfasst die kognitiven und sensitiven Fähigkeiten sowie die Möglichkeit, aus ihnen heraus die Welt kreativ zu gestalten. Aus dieser aus philosophischer Sicht idealistischen Position heraus kann und will Humboldt den Gesetzen der Materie (um Natur im Sinne

der Naturwissenschaft einmal darauf zu reduzieren) keine prägende Kraft oder gar beherrschende Macht zugestehen.

„Geist“ hat das Ziel, sich bildend zur Totalität zu vervollkommen, die Ergebnisse der von ihm ausgelösten Handlungen sind kein bedeutendes Anliegen, sie sind nur Ausdruck der geistigen Tätigkeit. So

liegt es ihm eigentlich nicht an dem, was er von jener [d.i. der äußeren Welt] erwirbt, oder vermöge dieser ausser sich hervorbringt, sondern nur an seiner inneren Verbesserung und Veredlung, oder wenigstens an der Befriedigung der innern Unruhe, die ihn verzehrt (Humboldt 1960a: 235).

Jene „Menschheit“, von der Humboldt schreibt, ist eine Gemeinschaft von Individuen. Jedes einzelne von ihnen verfügt über einen individuellen, totalen und universellen Geist, in der Gemeinschaft wirken diese miteinander, bleiben aber trotzdem selbstständig in ihrer Tätigkeit. Dass darin ein übergeordnetes Gesetz herrschen könnte – in aktueller Terminologie vielleicht: Strukturgesetz –, schließt Humboldt aus: „Gesezt auch, wir besäßen irgend eine Vernunftwahrheit, die auf die Nothwendigkeit eines gleichförmigen Gesezes führte; so dürften wir dennoch dadurch über die Natur [...] keine Aufschlüsse erwarten“ (Humboldt 1960c: 46). Im Gegenteil, jeder Versuch, allgemeine Eigenschaften zu entdecken, würde in die Irre führen: Man befände sich

hier in einem Gebiete des Wissens [...] in dem alles von den wirklichen Kräften, und dem Wesen der Dinge abhängt, in dem [sich] nur die Kenntniss des Individuums der Wahrheit nähert, und jede allgemeine Idee immer gerade im Verhältnis der Menge der Individuen, von denen sie abgezogen ist, von derselben entfernt (Humboldt 1960c: 46).

Zugleich betont Humboldt, dass die Sammlung vereinzelter Kenntnisse, und zwar großer Mengen unverbundener einzelner Kenntnisse, wie sie im 18. Jahrhundert als aufklärerische „Gelehrsamkeit“ angestrebt und in der von Denis Diderot und Jean Baptiste le Rond d’Alambert in der Zeitspanne von 1751 bis 1780 herausgegebenen *Encyclopédie* erstmalig mustergültig gebündelt wurde, keine Bildung darstelle. Ziel müsse statt dessen sein, „das zerstreute Wissen und Handeln in ein geschlossenes, die blosse Gelehrsamkeit

in eine gelehrte Bildung, das bloss unruhige Streben in eine weise Thätigkeit zu verwandeln“ (ebd.).

Das klassische Bildungsideal Humboldts ist, vor allem seiner Begründung nach, recht weit von allem entfernt, was heute in der Pädagogik als Bildung verhandelt wird. Und doch sind Grundprobleme wiederzuerkennen, die auch im 20. Jahrhundert fortbestehen: Die große Menge vorhandenen (und auch benötigten) Wissens steht einem notwendig zu begrenzenden Umfang von Lernstoff gegenüber. Junge Menschen möglichst viel Stoff lernen zu lassen, trägt nicht zur Gestaltung eines souveränen Bewusstseins bei, welches letztlich aber das Ziel von Bildung sein müsste.

Humboldts philosophische Konstruktion stellt nur eine Seite dessen dar, was er zur Grundlegung einer deutschen Bildungstradition geleistet hat. Berufen an das preußische Bildungsministerium entwickelte er in amtlichen Denkschriften auch Konzepte für die Schul- und Hochschulorganisation. Diese wurden bei der politischen Bildungsreform der Zeit stark berücksichtigt und vermittelten, da das preußische Bildungssystem später von den Verwaltungen anderer deutscher Länder als Vorbild aufgegriffen wurde, Leitideen, die sich bis ins Kaiserreich (nach 1871) verbreiteten.

Humboldts Vorschläge zur Reformierung des preußischen Unterrichtssystems konstruieren eine dreistufigen Hierarchie:

Der Elementarunterricht soll bloss in Stand setzen, Gedanken zu vernehmen, auszusagen, zu fixiren, fixirt zu entziffern, und nur die Schwierigkeit überwinden, welche die Bezeichnung in allen ihren Hauptarten entgegenstellt. Er ist noch nicht sowohl Unterricht, als er zum Unterricht vorbereitet, und ihn erst möglich macht (Humboldt 1964a: 169).

Nachfolgend dient der Gymnasialunterricht einer beginnenden Selbständigkeit des individuellen Geistes: „Der Zweck des Schulunterrichts ist die Uebung der Fähigkeiten, und die Erwerbung der Kenntnisse, ohne welche wissenschaftliche Einsicht und Kunstfertigkeit unmöglich ist“ (ebd.). Humboldt sieht zwar Lehrer als zentrale Vermittler beim Lernen an – und führt deshalb standardisierte staatliche Prüfungen zu ihrer Qualifikation und Zulassung ein (vgl. Humboldt 1964c) –, hält Unterricht aber erst für

erfolgreich, wenn dieser den Lehrer praktisch überflüssig mache. Es ist bezeichnend, dass Humboldt schon im „Schulplan“ ein Ideal von wissenschaftlicher Gemeinschaft propagiert, wie er es auch zur Grundlage des universitären Studiums erklärt:

Wenn also der Elementarunterricht den Lehrer erst möglich macht, so wird er durch den Schulunterricht entbehrlich. Darum ist auch der Universitätslehrer nicht mehr Lehrer, der Studierende nicht mehr Lernender, sondern dieser forscht selbst, und der Professor leitet seine Forschung und unterstützt ihn darin. Denn der Universitätsunterricht setzt nun in Stand, die Einheit der Wissenschaft zu begreifen, und hervorzubringen, und nimmt daher die schaffenden Kräfte in Anspruch (Humboldt 1964a: 170).

Weder solle auf junge Leute Zwang ausgeübt werden, die allgemeinbildenden Schulen möglichst weit zu besuchen – Humboldt sieht die Grenzen in den Fähigkeiten der einzelnen Schüler –, noch solle jeder auf die Universität gehen (vgl. Berglar 1970: 58). Außerdem habe der Staat sich im Schulunterricht auf keinen Fall um lebenspraktische Ausbildung zu kümmern. Humboldt empfiehlt, derartige „Kenntnisse [...] wie nothwendig sie auch seyn mögen, vom Schulunterricht auszuschliessen, und dem Leben die speciellen Schulen vorzubehalten“ (Humboldt 1964a: 172). Berufsausbildung gehört für Humboldt somit in keine Stufe der allgemeinbildenden Schulen, die heutige Forderung nach einer ‚Praxistauglichkeit‘ des allgemeinbildenden Unterrichts blieb dieser Konstruktion völlig fremd.

Wenn er auch keinen Fächerkanon und vor allem keine Inhalte vorschlägt, benennt Humboldt doch, was für ihn die Kernbereiche von Bildung sind: Eine historisch-philologische Allgemeinbildung mit dem Schwerpunkt Altgriechisch und Latein, Literatur, Kunst und Musik. Diese Gebiete gehörten bis ins mittlere 20. Jahrhundert an prominenter Stelle in die Lehrpläne sowie zum „sozialkulturelle[n] Wertekontext“ (Kaschuba 1995: 93) der Gebildeten allgemein. Unter den Schlagwörtern des „Wahren, Guten und Schönen“ wurde aus der hellenistischen Kultur ein ethischer und ästhetischer Orientierungshorizont abgeleitet (dass dies eine recht willkürliche abstrakte Konstruktion ist, wird deutlich, sobald man das Antikenbild um die politische Dimension seiner unmenschlich kriegerischen Gesinnung erweitert [vgl. Gehrke/Schneider 2010: 217]). Abgezielt wird auf die Bildung des autonomen Subjekts der Schülerinnen und Schüler,

ihren „innern Werth [und] höhere Vollkommenheit“ (Humboldt 1960b: 507) der Sittlichkeit und Ästhetik. In der Pluralität möglicher Bildungsbegriffe existiert ein solcher Ansatz auch heute weiter (vgl. Velthaus 2002), wenngleich nicht als Grundlage offizieller Curricula.

Eine der heute aktuellen Aufgaben allgemeinbildender Pädagogik ist die Heranführung der nachwachsenden Jahrgangskohorten an demokratische Gesellschaft. Der Gleichheitsgrundsatz gebietet, allen Schülerinnen und Schülern dabei gleiche Chancen einzuräumen. Natürlich ist dieser Aspekt verbunden mit dem wachsenden Bedarf an möglichst hoch qualifizierten zukünftigen Fachkräften. Ein solches Ziel der Partizipation ist dem 19. Jahrhundert unbekannt; die preußische Schul- und Hochschulreform verwehrte niemandem den Zugang zur höchstmöglichen Bildungslaufbahn, hatte aber auch eine gezielte Förderung von Talenten nicht auf der Agenda. Auswahlkriterium war die Begabung der Schülerinnen und Schüler, die – neben Fleiß und Disziplin – als Grundlage der Bewährung in den Schulen galt. Schülerinnen gab es weniger als Schüler an höheren Schulen (die nach Geschlechtern getrennt organisiert waren), grundsätzlich ist jedoch in den Schriften des späten 18. und frühen 19. Jahrhunderts keine prinzipielle explizite Herabsetzung der geistigen Fähigkeiten weiblicher Personen zu finden. Dass die Sozialstrukturen Mädchen eine andere Lebensaufgabe zuwies als Abitur zu machen, steht natürlich im Hintergrund; dass Frauen an Universitäten nicht zugelassen waren, galt allerdings allenthalben bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. Im Übrigen zielt der humboldtsche Bildungsbegriff auf ein Bürgertum, das Adel und Klerus – der Französischen Revolution von 1789 zum Trotz – die Privilegien der Weltbeherrschung noch abringen musste. In der ständischen Gesellschaft der Frühen Neuzeit und Neuzeit bestanden soziale Schranken, die das Bildungsinteresse, eingeschlossen individuellen Entdeckungs- und Entwicklungsdrang, dem Bürgertum zuwies. Bildung gehörte zum Selbstverständnis des Bürgertums und wurde als Distinktionsmerkmal verteidigt, als durch die Einflüsse liberaler Ideen die sozialen Schranken durchlässiger wurden.

Wie bereits mehrfach angedeutet, war und ist wenig von den umfangreichen philosophischen und althistorischen Herleitungen des humboldtschen Menschenbildes (das ein verallgemeinertes Bürgerbild ist) im Detail bekannt. Ganz genau wollte dies auch niemand wissen, für die Entwicklung des Schulsystems und des abgehobenen

Selbstbewusstseins von Bildungsbürgern bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts hinein reichten einige ständig wiederholte Basisbehauptungen. Man bediente sich des Namen Humboldt als Etikett mit hohem Geltungsanspruch und fokussierte auf eine Art erhoffter Wiederbelebung griechisch-antiker Kultur, in der Humboldt (und mit ihm, ausgehend von Winckelmanns Apologie, Goethe, Schiller und Hunderte nachgeordneter Plagiatoren) das Vorbild für die deutsche Kultur nach-aufklärerischer Zeit sah. Es ging vornehmlich um die idealisierende Interpretation hellenistischer Kunst, dass in der griechischen Antike auch Lehrgebäude der Mathematik und Naturwissenschaft vorliegen, interessierte wenig und gar der Einfluss alt-indischer und arabischer Leistungen (und arabischer Vermittlerrolle alten Wissens via dem mittelalterlich-maurischen Spanien) wurde nicht einbezogen: „Die Naturwissenschaften führten daher in den Gymnasien ein Schattendasein: Man benötigte sie nur wegen der angestrebten universellen Bildung ein wenig; für die Erziehung edler Menschen waren sie überflüssig“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 16).

In Westdeutschland, wo Wagenschein wirkte, wurde der humboldtsche Bildungsbegriff erst im Zuge der Studentenbewegung Ende der 1960er Jahre aggressiv als veraltet und zu traditionsverhaftet zur Disposition gestellt. Dieser Zeitraum – es sei auch auf den Einfluss der sozialliberalen Koalition nach 1972 verwiesen – verlieh der Entwicklung neuerer fachdidaktischer Konzepte Aufschwung, Konzepte, in denen Wagenschein aus Sicht seiner „Lehrkunst“ jedoch viele Fehler der Vergangenheit fortgeschrieben sah. Es wird, wenn Wagenscheins Formulierungen historisch kontextuiert werden, evident, dass er in Vielem sehr traditionell historisch argumentiert.

#### **4.3 Exkurs: Morphologie**

Der Vollständigkeit halber sei ein kurzer Seitenblick auf jene deutsche ‚anti-newtonsche‘ Naturauffassung geworfen, die in der Regel mit dem Namen Goethes verbunden wird. Sie steht zeitlich und gedanklich in Zusammenhang mit dem Bildungsbegriff an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert und wird in den diesbezüglichen Diskussionen von den Bildungstheoretikern bis ins 20. Jahrhundert hinein immer wieder für Argumentationen herangezogen. Sie wurde zwar auch in den deutschsprachigen Ländern nie zu einer echten Konkurrenz der mathematisch verfahrenen Naturwissenschaften, bekam aber doch in der Idee einer einflussreichen und umfassend wirkenden Natur im

19. Jahrhundert Bedeutung. Dort deckt sie Naturvorstellungen ab, die sich der methodischen Instrumentalisierung der Natur widersetzen.

Methodisch handelt es sich nicht um ein empirisch fundiertes und mathematisiertes Vorgehen. Die Annahmen legen aber doch eine Art von ‚Naturgesetzen‘ zugrunde, welche zwar nicht quantifizierbar sind, aus Beobachtungen jedoch, wenn mit den angemessenen Antezedenzhypothesen herangegangen wird, spekulativ plausibilisiert werden können. Im Schulunterricht hat dieses Modell nie eine Rolle als Naturwissenschaft gespielt. Das Beispiel, mit dem sich Goethe offensiv gegen Newton wandte, ist seine Farbenlehre. Ihr Scheitern in der wissenschaftlichen Rezeption hat in Deutschland wohl die Ablehnung der empirisch-mathematischen Wissenschaften im Zuge des Goethe-Kultus bestärkt.

Das zweite große Gebiet in Goethes Naturbetrachtungen ist die Morphologie. Prägend ist darin seine Beobachtung, dass Pflanzen ohne Weiteres stets dieselbe Form ihrer Art und darüber hinaus aller Pflanzen nachbilden. Er schließt auf eine ‚Urpflanze‘, die als Ausgangspunkt der Entwicklung angenommen werden müsse und aus der sich alle weiteren Pflanzen entwickelt hätten. Der Grundgedanke in Goethes Naturauffassung lässt sich hieraus leicht ableiten: Goethe sucht „nach einem Allgemeinen – einem Wesen – [...] nicht hinter den Phänomenen sondern in den Phänomenen. Er sucht nach einer Formel, einem Phänomen, das geeignet ist, alle Erfahrungen eines Untersuchungsfeldes in *eines* zusammenzufassen, dem sogenannten *Urphänomen*“ (Kutschmann 1999: 77). Im Rückblick könnte gesagt werden, dass hier ein Versuch vorliegt, die Natur zu ‚verstehen‘, sie also unter die Gegenstände der verstehenden Wissenschaften zu zählen.

Bedeutung als ‚Goethes Naturwissenschaft‘ erlangt hat dieses Modell eher dadurch, dass der Autor im 19. Jahrhundert (gemeinsam mit seinem Weimarer Kollegen Schiller) zum literarischen Klassiker stilisiert und zudem als Inbegriff des ‚universellen Geistes‘ unter dem antikisierenden Schlagwort eines nationalen ‚Olympiers‘ gefeiert wurde (nach dem Berg Olymp, auf dem in der griechischen Mythologie die Götter residieren). Die Annahme, dass in der Natur selbst organische Pläne enthalten seien, die nicht nur Pflanzen den Weg ihrer Entwicklung weisen, wurde auch nicht erstmalig von Goethe formuliert. Mit dem Begriff ‚organische Kräfte‘ eröffnete 1793 Carl Friedrich Kielmeyer ein Paradigma des umfassend Organologischen. Wenn dies auch kein physikalischer

Entwurf ist, präjudiziert er doch eine Naturauffassung, die sich gegen mathematisch-empirische Ansätze richtet. Kiehmeyers Vortrag an der Hohen Karlsschule in Stuttgart „Über die Verhältnisse der organischen Kräfte unter einander in der Reihe der verschiedenen Organisationen, die Geseze und Folgen dieser Verhältnisse“ (1793) differenziert die in Lebewesen wirkenden Kräfte nach fünf Klassen, führt sie aber sämtlich auf einen in der Natur angelegten Plan zurück. In diesem Kontext konnte Goethes Ergänzung der Beobachtungen organischer Geplantheit auf anderen Fachgebieten zustimmend aufgenommen werden. Seine Rückführung jeder natürlichen Entwicklung wie auch alles menschlichen Denkens auf ein Modell ‚organischer Kräfte‘ wurde im 19. Jahrhundert zu einer gängigen Metapher (die man in vielen Kontexten voreilig für eine ‚Erklärung‘ hielt) für sehr viele Lebensbereiche, auch in der von Menschen geschaffenen Kultur. Nur so ist zu verstehen, warum die Pädagogik über die „organische Verbindung der Lehrgegenstände“ (Dörgfeld 1879: 2) redete. Es handelt sich nicht, wie heutige Leser intuitiv denken würden, um eine rhetorische Metapher, sondern um eine Begründung, die den Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erhebt.

In den Konversationslexika des 19. Jahrhunderts verfügt „Organ“ über lange Einträge, die bis zur organischen Ausgestaltung des Staates und seiner Verwaltung reichen. Im Vordergrund steht immer die Ablehnung des Mechanischen, das mit der Methode der aufklärerischen Naturwissenschaft in eins gesetzt wurde, während das Organische, von innen heraus wirkend, als dem ‚deutschen Geist‘ angemessen verstanden wurde:

Das charakteristische Unterscheidungsmerkmal des O r g a n i s m u s in Gegensatz zur Maschine ist seine durch innere Zweckmäßigkeit hervorgebrachte Selbsterhaltung, wonach zwischen seinen Gliedern als O.[rganismus] ein solcher Zusammenhang gesetzt ist, daß die Erhaltung des einen von der Erhaltung des andern und umgekehrt abhängt (Brockhaus–Artikel 1867: 109).

Der Begriff des Organischen, der auf einen stillschweigend enthaltenen komplexen Plan in Natur und Geschichte verweist, ist auch heute noch in der Standardsprache geläufig, etwas sei ‚organisch‘ (nicht als Gegenteil von anorganisch) schließt die Vorstellung von Harmonie, Angemessenheit und Widerspruchsfreiheit ein.

Wie alle aus der Frühen Neuzeit herrührenden Naturvorstellungen spielen theologische Gesichtspunkte darin ursprünglich eine Rolle. Die Ablehnung eines personalen Schöpfergottes, der seine Welten als höchster Mathematiker und Maschinist konstruiert habe, führte gegen Ende des 18. Jahrhunderts (in der Zeitkritik, als deren Stellvertreter oben der Sturm und Drang-Autor Lenz zitiert wurde) zur pantheistischen Idee, Gott selbst sei in der Natur enthalten, diese sei nur seine äußere Erscheinungsform. Von hier aus ist es nur ein kleiner Schritt, sich den Schöpferwillen als ‚Entfaltungsplan‘ in den Ausformungen der Natur vorzustellen. Es wäre falsch, der naturwissenschaftlichen Diskussion der Zeit einen theologischen Anteil zu bestreiten, auch Newton griff etwa auf die ‚Hand Gottes‘ zurück, wo er anders nicht erklären konnte (z. B. warum vermeintliche Fixsterne nicht durch die Gravitation aufeinander zu stürzen und schnell zum Gravitationskollaps des Universums führen). Newton vertraute auf eine Vereinbarkeit des göttlichen Schöpfungsplans und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Erklärungen (vgl. Sheehan / Wahrman 2015: 38). Die naturphilosophische Idee der Organologen wird im Übrigen in jüngerer Vergangenheit durch die Annahme ‚selbstregelnder Systeme‘ in der Natur mit anderen Prämissen gewissermaßen fortgesetzt.

#### 4.4 Ernst Mach



Neben den Theorien, die sich innerhalb einer deutschen philosophischen Tradition mit dem Bildungsbegriff und der Rolle der Naturwissenschaften darin befassten, rezipierte Wagenschein auch Ausführungen Ernst Machs (1838-1916), den er als einen der führenden Physiker bewunderte. Machs Beschäftigung mit der Rolle der Physik in der Bildung gehört zweifellos zu seinen nebensächlichen Äußerungen, doch für Wagenschein enthalten sie wesentliche Positionen, die er übernahm und auch oft mit Hinweis auf die Quelle zitierte.

Abb. 2: Ernst Mach 1898 (Quelle siehe Abbildungsverzeichnis)

Dazu gehört zunächst Machs historische Einschätzung, dass mit der naturwissenschaftlichen Wende der Frühen Neuzeit die Beobachtung der Natur die systematische Vorurteilsstruktur der theologisch fundierten Gelehrsamkeit gebrochen habe. ‚Und sie bewegt sich doch!‘ ist eine erfahrungsgestützte Aussage, die durch Glaubenssätze und aus ihnen abgeleitete Behauptungen nicht zum Schweigen gebracht werden kann, sobald sie von vielen Menschen aufgegriffen wird. Galilei bietet in Machs Augen das deutlichste Beispiel für die Durchsetzungsfähigkeit der neuen Weltsicht: „Als Galilei zu Ende des 16. Jahrhunderts [...] sein helles Auge der Natur zuwandte, um von ihr seine Gedanken umbilden zu lassen, anstatt sie in die Fesseln seiner Vorurteile schlagen zu wollen“ (Mach <sup>3</sup>1903a: 243) sei die wissenschaftliche Wende in Europa eingetreten, in deren Verlauf Menschen gelernt hätten, „an der Betrachtung des fallenden Steines selbst [...] Begriffe über den Fall zu bilden“ (Mach <sup>3</sup>1903a: 244). Für Mach ist zudem unbestreitbar, dass aus einem Beispiel der methodische Übertrag auf beliebig viele andere Naturphänomene erfolgen werde. Vor allem „Stetigkeit und Folgerichtigkeit“ sowie „Einfachheit und Übersichtlichkeit“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 333) des sachbezogenen Nachdenkens und Urteilens würden überzeugen, im Gegensatz zu philologischen und historischen Studien gäbe es keinen Ermessens- oder Interpretationsspielraum. Mach schließt aus, dass Natur ontologisch, dem ‚wahren Wesen‘ nach, gedeutet werden könne, die Verfahrensweise der beobachtenden Methode jedoch biete einen großen Vorzug in ihrer Ökonomie der Vereinfachung (vgl. Mach <sup>3</sup>1903b: 335).

Mach leitet aus dem neuen weltanschaulichen Paradigma die Notwendigkeit ab, dass gebildete Zeitgenossen seitdem eigene Gedanken über selbst angestellte Beobachtungen finden müssten. Dabei ginge es nicht um einen fachlichen Diskurs, sondern um das Verstehen der Sachverhalte, es zeige sich, welche „höchst untergeordnete Rolle in diesen Dingen die bloße Sprachkenntnis spielt. Jeder Name bleibt eben ein Schall ohne den zugehörigen Gedanken“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 314).

In den Bildungsgängen seiner Gegenwart sieht Mach die naturwissenschaftliche Perspektive ungenügend verwirklicht. Dazu zählt, dass das Auswendiglernen von Fachtermini ‚ohne Gedanken‘ im veralteten Konzept des didaktischen Materialismus verhaftet sei, die Stofffülle sei schädlich:

Ich kenne nichts Schrecklicheres als die armen Menschen, die zu viel gelernt haben. Statt des gesunden kräftigen Urteils, welches sich vielleicht eingestellt hätte, wenn sie nichts gelernt hätten, schleichen ihre Gedanken ängstlich und hypnotisch einigen Worten, Sätzen und Formeln nach, immer auf denselben Wegen. Was sie besitzen, ist ein Spinnengewebe von Gedanken, zu schwach, um sich darauf zu stützen, aber kompliziert genug, um zu verwirren (Mach <sup>3</sup>1903b: 339).

Diesen Passus wird Wagenschein mehrfach in seinen Schriften zitieren – wie andere Kritiker überfüllter Curricula auch. Mach fordert eine aus den natürlichen Gegenständen abgeleitete selbstständige Erkenntnis. Ohne auf den Begriff der formalen Bildung zu verweisen, die er nicht anerkennen würde, weil er nicht auf eine in sich selbst zurückgeführte universale Subjektbildung abzielt, stellt er der Fachsystematik das Selbstlernen an ausgewählten Beispielen entgegen:

Gedanken lassen sich anregen und befruchten, wie ein Feld durch Sonnenschein und Regen befruchtet wird. Gedanken lassen sich aber nicht durch Häufung von Stoff und Unterrichtsstunden, überhaupt nicht nach Rezepten herausheben und herausdressieren; sie wollen freiwillig wachsen (Mach <sup>3</sup>1903b: 338).

Den Überhang antiker Philologie in den gymnasialen Stundenplänen weist Mach wegen der gewandelten Lebenswelt und Wissenschaft des fortgeschrittenen 19. Jahrhunderts zurück. Wie Kerschensteiner allerdings erkennt er die logische Schulung durch alte Sprachen an, die in der Striktheit ihrer Strukturierung, in der Methode, mit der Naturbetrachtung vergleichbar sei. Allerdings sei die Komplexität der Grammatik der naturwissenschaftlichen Ökonomie unterlegen und gewissermaßen unnötig schwierig:

Der wesentliche Erfolg, welcher bei der gegenwärtigen Art, das Studium der antiken Sprachen zu treiben, wirklich noch erzielt wird, ist an die Beschäftigung mit der komplizierten Grammatik gebunden. Er besteht in der Schärfung der Aufmerksamkeit und in der Übung des Urteils durch Subsumieren besonderer Fälle unter allgemeine Regeln, und durch Unterscheidung verschiedener Fälle von einander (Mach <sup>3</sup>1903b: 328f.).

Das einfachere „sachliche Verständnis der Welt und der Kultur“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 331) lasse sich nur auf Galileis Weg gewinnen, Lernende müssten „mit den Vorstellungen den Tatsachen [...] folgen“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 332) und nicht historische Studien treiben. Für Mach ist klar, dass schülerseitig größeres Interesse für Naturwissenschaften als für

Philologie bestehe (vgl. Mach <sup>3</sup>1903b: 329). Bereits im gymnasialen Unterricht sollte die „Einfachheit und Übersichtlichkeit“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 333) der naturwissenschaftlichen Methode gegenüber der historischen Perspektive deutlich werden. Dadurch würden Schüler „Selbstvertrauen im Gebrauch des Verstandes“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 332) gewinnen, zumal die Eigenständigkeit sich gegenüber dem beobachtbaren Gegenstand bewähren könne, ohne dass ein kompliziertes Übersetzen von Quellen dazwischenstehe. Philologie erlaube nie den Zugriff auf eine Sache, die in Quellen dargestellt werde, sondern müsse die Überlieferung in den Mittelpunkt stellen, während Naturbetrachtung den direkten Kontakt einfordere. Entschieden ergreift Mach gegen eine frühzeitige Abstraktion im Unterricht Partei, auch hierin später von Wagenschein aufgegriffen: Er fordert, „daß die Jugend nicht durch verfrühte Abstraktion verdorben wird, sondern den Stoff durch die Anschauung kennen lernt, bevor sie mit demselben denkend zu arbeiten hat“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 336).

#### **4.5 Naturerkenntnis und historisch-philologische Erkenntnis bei Dilthey**

Um die Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert unternahm es der Theologe und Altphilologe Wilhelm Dilthey (1833-1911) noch einmal, die historisch-philologische Bildung in einem hermeneutischen Sinn als Kernbereich aller menschlichen Bildung festzuschreiben. Umfang und Gründlichkeit von Diltheys Arbeiten lassen den wissenschaftsgeschichtlichen Rückschluss zu, dass hier eine längst eingetretene Konkurrenz durch das naturwissenschaftliche Denken zurückgewiesen werden sollte, welches sich über den Positivismus Auguste Comtes nicht nur in die entstehende Soziologie, sondern sogar in literaturgeschichtliche Konzepte (in Deutschland z. B. Wilhelm Scherers) hineingedrängt hatte. – Vorsorglich sei noch einmal betont, dass der Gegenstand Literatur als Antagonist der Physik bis in die Diskussion der zwei Kulturen im späteren 20. Jahrhundert immer wieder zu beachten ist und dass bei Wagenschein die Kluft zwischen beiden immer wieder Erwähnung findet.

Diltheys Überlegungen gelten als Begründung eines Konzeptes von Geisteswissenschaften, wie es weit in das 20. Jahrhundert hinein fortwirkte. Der Terminus ‚Geisteswissenschaften‘ ist auch heute noch als Gegenbegriff zu ‚Naturwissenschaften‘ geläufig, gerade die naturwissenschaftliche Fachdidaktik kommt

nicht davon los (vgl. Gebhard et al. 2017: 5), obwohl die früher so bezeichneten Fachgruppen sich nach dem sogenannten ‚*cultural turn*‘ längst lieber als ‚Kulturwissenschaften‘ bezeichnen und sogar die ehemalige Musterdisziplin Altphilologie darunter subsumieren (vgl. Schmitz 2012: 255). Diltheys verstärkt musterbildende Unterscheidung zwischen den sogenannten ‚zwei Kulturen‘ besteht fort. An Stelle der ästhetischen Bildung wurde von Dilthey allerdings die historische hervorgehoben (vgl. Kutschmann 1999: 109). Für alle sprachbasierten Wissenschaften, allen voran die Philologien, betonte Dilthey die Methode der Hermeneutik (Auslegungs- oder Interpretationstechnik), die auf dem ‚Erlebnis‘ des Textsinns durch das Individuum beruhe und von diesem aus jegliches Verstehen erzeuge: „Das nächstgegebene sind die Erlebnisse“ (Dilthey zit. n. Kutschmann: 113). Während alles Historische auf das Innere des erlebenden Individuums wirke und es zur nachvollziehenden Erkenntnis von Sinn führe, trete bei der naturwissenschaftlichen Wahrnehmung das Erlebnis nach und nach hinter die abstrakte Beschreibung zurück und mache Platz für allgemeine Gesetze:

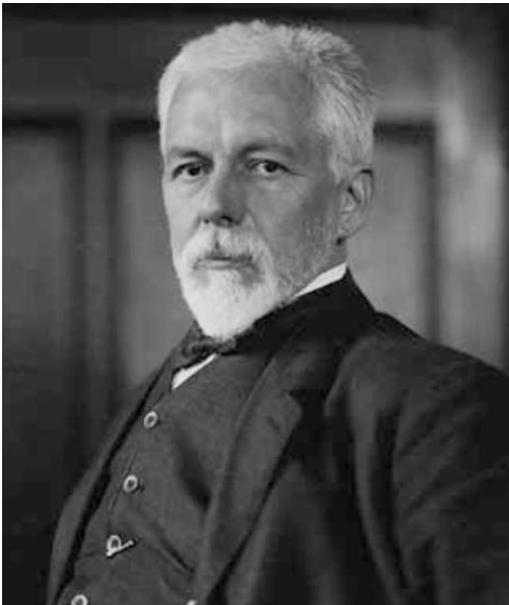
Diese Gesetze können nur gefunden werden, indem der Erlebnischarakter unserer Eindrücke von der Natur, der Zusammenhang, in dem wir, sofern wir Natur sind, mit ihm stehen, das lebendige Gefühl, in dem wir sie genießen, immer mehr zurücktritt hinter das abstrakte Auffassen derselben nach den Relationen von Raum, Zeit, Masse, Bewegung (ebd.: 114).

Eine „Besinnung des Menschen über sich selbst“ (ebd.: 115) sei das Ziel der Erkenntnis, zu dem die Naturwissenschaften mit ihren allgemeinen Gesetzen letztlich nichts beitragen können. Sie werden ‚nur‘ durch eine hypothetische Konstruktion erzeugt, niemals aber nach ihrem Sinn verstanden, da der Natur in dieser Auffassung kein eigener Sinn innewohne. Deshalb führe Naturwissenschaft von der Kenntnis des Menschen fort und bewirke dessen Entfremdung von sich selbst und der ursprünglichen Natur. Vorausblickend auf Wagenscheins Ausführungen kann hier schon festgestellt werden, dass er den Aspekt des Natur-Erlebens durchaus von Dilthey übernimmt und in dieser Beziehung letztlich an die humanistische Bildungstradition anschließt, um sie auf seine Weise um naturwissenschaftliche Einflüsse zu erweitern.

#### 4.6 Kerschensteiners und Litts Auseinandersetzung mit der humanistischen Bildungstradition

Der Erfolg der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung im Laufe des 19. Jahrhunderts erzwang die Anerkennung dieses Wissenschaftszweiges, vor allem gestützt durch die industrielle Revolution, die Verbesserung der medizinischen Versorgung und allgemein die Einführung technisch bewerkstelligter Logistik für das tägliche Leben. Die Zugeständnisse an naturwissenschaftlichem Schulstoff, der die Allgemeinbildung der Bevölkerung an ein zumindest basales Verständnis der arbeits- und lebensweltlichen Veränderungen heranführen sollte, blieben bescheiden und führten nicht zu einer breiten Akzeptanz der prosperierenden Naturwissenschaften.

Einer jener pädagogischen Theoretiker, der schließlich eine Abwägung des klassischen sowie eines Naturwissenschaften einbeziehenden Bildungsbegriffs kontrastierend diskutierte, um zu einer Synthese zu gelangen, war Georg Kerschensteiner (1854-1932). In der monographischen Abhandlung „Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichtes“ (1914, im Folgenden zitiert nach der 4. Auflage 1952) analysiert er die



Leistungen des altphilologischen wie naturwissenschaftlichen Fachgebietes. Aus der Abwägung beider Gebiete gegeneinander entwirft er schließlich einen auf die höhere Schule bezogenen Bildungsbegriff, der beide Seiten berücksichtigt. Die grundsätzlichen Überlegungen sind, entkleidet man sie ihrer historischen Formulierungen, auch heute bedenkenswert, vor allem stecken sie das Feld ab, in dem Wagenschein zur gleichen Zeit seine speziellere Physikdidaktik entwickelte.

Abb. 3: Georg Kerschensteiner (Quelle siehe Abbildungsverzeichnis)

Der Ansatz Kerschensteiners zielt auf eine Einbeziehung des ‚Erlebens‘ und der Wirkung der Natur auf die innere Entwicklung des Individuums im Bildungsprozess – eine implizite Reaktion auf Dilthey scheint hier vorzuliegen. Auch Natur wird erlebt, auch

Natur regt das Denken an – inwieweit diese Denkbewegungen im gleichen Sinne wie die ästhetisch-historischen Eindrücke auf die Bildung der ‚Totalität‘ wirken, bleibt erst einmal ungeklärt. Statt dessen operationalisiert Kerschensteiner den Vorgang, in dem sich äußere Denkanlässe (Übungs- und Lerngegenstände) auf die Prägung der Wahrnehmenden auswirken. Er abstrahiert einen methodisch orientierten Lernprozess und stellt fest, in allen Unterrichtsfächern sei „die [Erziehung] zum logischen Denken der am nächsten liegende Wert“ (Kerschensteiner <sup>4</sup>1952: 43), besonders gelte dies für die höheren Schulen (vgl. ebd.). Da sich alle „Denktätigkeit in Wortbildern“ (ebd.: 44) ausdrücken und hinter diesen möglichst klare Begriffe zu stehen hätten, könnten die Naturwissenschaften erheblich zu diesem Vorgang beitragen: Ihren „unerbittlichen Zwang zu exakter Begriffsbildung und der damit verbundenen Nötigung zu einer unter allen Umständen präzisen Ausdrucksweise“ solle man als großen „Erziehungswert“ (ebd.: 44) anerkennen. Dasselbe gelte für das Urteilen, welches aus der Verknüpfung von Begriffen bestehe.

Nächst dem Scharfsinn ist es die Gewandtheit und Sicherheit in der Durchführung der logischen Prozesse und vor allem die Gewohnheit, die unerbittliche, die zur geistigen Notwendigkeit entwickelte Gewohnheit, durch nichts sich abhalten zu lassen [...] In dieser Gewohnheit liegt ein wesentlicher Teil dessen, was wir geistige Zucht nennen (ebd.: 49f.).

Die zentrale Funktion, die zur ‚geistigen Zucht‘ führen soll, findet der Autor zunächst auf der ‚anderen Seite‘ der Bildung, in der Tradition des altsprachlichen Unterrichts. Nicht wie Humboldt, der in der hellenistischen Antike ein historisch-ästhetisches Ideal sah, sondern praktisch-didaktisch begründet Kerschensteiner diese Auswahl: Er sehe einen Vorteil in der altgriechischen Sprache, und zwar

aus zwei Gründen: einmal, weil die alten Sprachen sowohl im grammatikalischen Aufbau als auch in ihren Wortbedeutungen sehr viel weiter von der deutschen Sprache abstehen als irgendeine der europäischen modernen Sprachen [...] und dann, weil sie damit [...] sehr viel mehr Gelegenheit zu logischen Übungen geben (ebd.: 51).

Die historische Distanz und damit die Verständnis-Ferne des zu Übersetzenden biete zudem „Schwierigkeiten, welche ein Schüler zu überwinden hat“, was ihm bei der Übersetzung die Befriedigung gebe, mit seinen logischen Operationen durchaus „mitzufühlen und deren Lösungen zu würdigen“ (ebd.: 51). Kerschensteiner abstrahiert vom Gegenstand und reflektiert nur dessen Eignung als Übungsobjekt, im Grunde beschreibt er hier ein zentrales Lernziel, das er an unterschiedlichen Gegenständen für erreichbar hält. Weil das Methodische hier zum Hauptziel des Lernens erhoben wird, gehört Kerschensteiners Ansatz zu den ‚formalen‘ Bildungsmodellen.

Der Rückgriff auf die traditionellen Griechischlektionen bietet einen Anschluss an die Schul-(Gymnasial-)Tradition und die vorherrschende Praxis, den niemand der Zeitgenossen bestreiten kann. Es geht um die Abwendung vom Stoff und seiner inhaltlichen Bedeutung (Nützlichkeit ist im Gymnasium zu jener Zeit immer noch kein Thema) und die Hinwendung zum Vorgang der Bildung als strukturierendem Verfahren. Im Prozess der Übersetzung folgen darin aufeinander „Vermutungen, Fragen, Untersuchungen, Prüfungen und Verifikationen“ (ebd.: 56), die allerdings – und damit werden Vorteile der naturwissenschaftlichen Stoff- und Methodenkonkurrenz bereits angedeutet – nicht wirklich am Material selbst überprüft werden können. Diesen Vorteil nämlich bieten „Physik und Chemie [...] in der Sicherheit der Prüfung des Ergebnisses durch das Experiment und in den Ergründungen objektiver Tatsachen und nicht, wie so oft beim Übersetzen, in der Deutung subjektiver Meinungen“ (ebd.: 59).

Jede Übersetzung beginnt beim einzelnen Satz und wendet bekannte Regeln sukzessive darauf an. Dies geschehe im Unterricht und in den Übungen. Nicht genutzt werden, so charakterisiert Kerschensteiner den Physikunterricht seiner Epoche, die analogen bildenden Prozesse in der Didaktik der „exaktesten der Naturwissenschaften, [...] der Physik“ (ebd.: 74). Durch fehlende Eigenarbeit der Schülerinnen und Schüler, durch das Überspringen ihrer eigenen Beobachtungen und Schlussfolgerungen, den „mühevoll[e]n Gang der Induktion“ (ebd.: 76) wird das bildende Potenzial nicht ausgeschöpft. Zu viele Anleitungen seitens der Lehrpersonen entlasten die Schülerinnen und Schüler von der Notwendigkeit, eigene Hypothesen aufzustellen (vgl. ebd.: 75ff.) und bekannte Gesetzmäßigkeiten versuchsweise in Frage zu stellen. Deshalb erziehe der Physikunterricht in der zeitgenössischen Handhabung zur geistigen Unselbständigkeit.

Der Autor fordert eine Reform dieses Unterrichts, um jene Prozessverläufe, die er für das Übersetzen griechischer Texte beschrieben hat, gleichwertig beim Vorgang eigener physikalischer Entdeckungen einzuüben, den

Unterricht so zu gestalten, daß er hinreichend Gelegenheit zu derartigen selbständigen Übungen und Untersuchungen bietet. Ist das unmöglich, dann muß der naturwissenschaftliche Unterricht verzichten, mit den Übersetzungsübungen aus den antiken Sprachen in Hinsicht auf die Schulung des Denkverfahrens rivalisieren zu wollen (ebd.: 76).

Ein Verzicht auf diese ‚Rivalität‘ ist eher rhetorisch angedeutet, Kerschensteiner öffnet den Bildungsbegriff – wohlgerneht nicht als allgemeinen Begriff, sondern hier nur im Hinblick auf die Didaxe – für die naturwissenschaftliche Induktion, indem er das anerkannte Verfahren der Übersetzung analytisch in vergleichbare auf physikalische Stoffe anwendbare Prozessschritte gliedert. Durch diese didaktische Abstraktion wird der Kernprozess, die Erlangung der ‚geistigen Zucht‘, vom Gegenstand relativ unabhängig. Gerade die Physik kann in die Reihe der besonders geeigneten Fächer einbezogen werden, weil ihre Methode die strengste logische Operation verlange und am Ende eine gesicherte Überprüfung der Ergebnisse erlaube. Für eine dementsprechende Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts setzte sich Kerschensteiner zunächst in Bayern ein. Leitend blieb dabei die bildungspolitische Überzeugung, dass die wechselseitige Ergänzung beider Wissensgebiete in der Schule zukünftig erforderlich sei:

Ein sorgfältiges Studium jeder der beiden Welten zeigt übrigens deutlich, daß bei dem heutigen Stand unserer Erfahrung keine von beiden sich völlig dem geistigen Auge erschließt ohne ein Verständnis für die andere. Neben den Gesetzen, welche uns helfen, die Naturkräfte in den Dienst der Kultur zu zwingen, stehen gleichwertig die Gesetze, Maximen, Regeln, welche in langer geistiger Entwicklung die Ordnung der heutigen menschlichen Gesellschaft bestimmen (ebd.: 158).

Während beide großen Themengebiete nach Kerschensteiners Auffassung die ‚geistige Zucht‘, das logische Denkvermögen, gleichermaßen fördern, unterscheiden sie sich um die im Zitat zuletzt genannte Dimension gesellschaftlicher Ordnungsnormen und

ethischer Prinzipien. Kerschensteiner nennt dies mit einer zeitgenössischen Terminologie die ‚Welt des Sollens‘ und stellt fest, dass Naturgesetze der Ethik weder existierten noch ableitbar seien. Die Natur trage in sich keine ethischen Grundsätze: „Das in der Natur Zweckmäßige ist nicht das Moralische“ (ebd.: 163). Dies erscheine zunächst als „Mangel im Erziehungswert der Naturwissenschaften“ (ebd.: 157) und nur eine „Beschäftigung mit der Literatur der Alten [...] führt zugleich auch in die Welt des Sollens ein [...] – in die Welt der Werte“ (ebd.: 157). Freilich sieht Kerschensteiner dabei nicht die Notwendigkeit, die Literatur toter Sprachen in den Vordergrund zu stellen, auch zeitgenössische Literatur erfülle dieselbe Funktion (vgl. ebd.: 160).

Aus dieser Feststellung leitet Kerschensteiner jedoch nicht ab, dass Kenntnis der Literatur in Bezug auf die Menschenbildung dem naturwissenschaftlichen Unterricht grundsätzlich vorzuziehen sei. Vielmehr schaffe die geistige Bildung des unabhängigen Individuums eine Instanz, die sich ihrer gleichermaßen bedienen könne: „im menschlichen Geiste erhebt sich über die Determination der Naturgesetzlichkeiten und über der Determination der Werte noch eine dritte höchste Determination des Willens, das individuelle Gesetz der Totalpersönlichkeit“ (ebd.: 163). Der Wille aber ergebe sich nicht aus erworbenem Wissen, sondern führe zu Urteilen des Individuums, die das Wissen erst auf einen handlungsfähigen Kontext anwenden: „Das Wertwissen, das Religion, Geschichte, Literatur geben, ist noch lange kein Wertwissen“ [...] Wertwollen wird eben nicht durch Wertwissen erzeugt, sondern durch Werterleben [...] durch persönliche Erfahrungen“ (ebd.: 160). Insofern sieht Kerschensteiner im Hinblick auf die soziale und ethische Bildung zwar einen Nachteil der Naturwissenschaften, der jedoch im Hinblick auf Zweckmäßigkeitsdenken und logische Vorgehensweise ausgeglichen werde, indem der urteilende Verstand aus der naturwissenschaftlichen Sphäre wichtige Verfahrensschritte übernehmen könne. Vereinfacht zusammengefasst bedeutet dies, dass die induktive Methode es dem Individuum ermögliche, seinen Erkenntnis- und Handlungswillen kontrolliert zu gestalten – aus der Sicht des späten 20. Jahrhunderts könnte wohl gesagt werden, dass auch darin eine Befähigung zum kritischen Überprüfen vorgegebener Normen enthalten ist.

Der überwiegende Teil von Kerschensteiners Reflexionen gehört in den Bereich der allgemeinen Bildungstheorie. Für die praktische Didaktik eines angemessenen

gymnasialen Unterrichts in Naturwissenschaften stellt Kerschensteiner nur einige allgemeine Regeln auf. Ausgangspunkt ist die Einschätzung der potenziellen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern dem Fach gegenüber, „daß die entsprechenden Begabungen und Interessen vorhanden sein müssen“ (ebd.: 179). Eine hintergründige fachdidaktische Motivierungsstrategie, die schon im Vorfeld die Einstellungen positiv beeinflussen könnte, erwägt er nicht – sie entspricht auch nicht dem Schulkonzept des Zeitalters: „Bei der normal begabten Jugend genügt häufig genug schon das bewußt gewordene Gefühl des geistigen Wachstums und Könnens“ (ebd.: 180). Allerdings wendet er sich gegen die frontale Präsentation abstrakten Wissens und propagiert die von ihm auch am Beispiel der philologischen Übersetzungen positiv hervorgehobene Eigenarbeit. Ein Beginn des Fachunterrichts müsse Beobachtungen in den Mittelpunkt stellen, um den Schülerinnen und Schülern einen Ansatzpunkt für eigenes induktives Denken zu geben. Erst auf der Basis selbst gewonnener Beobachtungen

müssen die gerade für die logische Schulung höchst fruchtbaren Deduktionen einsetzen. Um sie auf dem Gebiete der Physik und Chemie mit Erfolg anzuwenden, müssen die wichtigsten Gesetze bereits vom Schüler ebenso beherrscht werden, wie die grammatikalischen Regeln beherrscht werden müssen, um die Übersetzung eines Klassikers mit Erfolg in Angriff nehmen zu können (ebd.: 185).

Spielerisch daran soll nichts sein, Kerschensteiner versteht bildendes Lernen prinzipiell als Mühe der Lernenden: „Dabei darf, ja muß dieses selbständige Arbeiten anstrengend sein“ (ebd.: 190). Die eingeschlossenen Prozesse, vor allem die ‚geistige Zucht‘ des logischen Vorgehens, haben seiner Auffassung nach nur einen langfristig bildenden Effekt, wenn sie schrittweise geschehen und dabei fortwährend auf Widerstand in der Sache stoßen. Der Unterricht müsse „den Schüler zwingen, wie ein Fußwanderer [im Gegensatz zum bequemen ‚Expreßzug‘] Schritt um Schritt vorwärts zu dringen, mit Wind und Wetter und allen Beschwerden einer Fußreise tapfer zu kämpfen“ (ebd.: 187).

Der Pädagoge Theodor Litt (1880-1962) befasste sich erst nach dem Zweiten Weltkrieg schwerpunktmäßig mit der bildenden Funktion von Naturwissenschaften. Die Arbeiten fallen damit in einen Rahmen bildungspolitischer Diskussion, in dem auch Kerschensteiner erneut lebhaft rezipiert wird und Wagenscheins Vorschläge in den



Fachdiskursen große Beachtung erfahren. Litt, selbst promovierter Altphilologe, argumentiert aus einer geisteswissenschaftlichen Kulturauffassung und Pädagogik heraus, im Gegensatz zu Kerschensteiner und Wagenschein ist er kein ausgebildeter Naturwissenschaftler. Seine Analyse „Naturwissenschaft und Menschenbildung“ (1952) geschieht auf allgemeingültigem philosophischem Niveau. Anknüpfungspunkt ist jedoch auch der Wandel der wissenschaftlichen und der Lebenswelt, in denen naturwissenschaftliche Einflüsse nicht mehr, wie bei Dilthey, konservativ zurückgedrängt werden können. Leitend ist für Litt einerseits der künftige Bedarf an Fachkräften sowie andererseits die Notwendigkeit für zukünftige Generationen, ein Alltagsleben in einer naturwissenschaftlich-technisch geprägten Welt zu verstehen – beides sind Anforderungen, denen sich die Pädagogik stellen müsse, weshalb der klassische Bildungsbegriff zu überprüfen und zeitgemäß zu modifizieren sei.

Abb. 4: Theodor Litt (Quelle siehe Abbildungsverzeichnis)

Diese Voraussetzungen leitet Litt ab aus einem in die Augen fallenden „Widerspruch zwischen dem Lebensstandard, der durch den Einbruch des Neuen herbeigeführt ist, und der vorgeblichen ‚Bildung‘, die sich unter Mißachtung des Eindringlings meint behaupten zu können“ (Litt 1952: 10). Eine Parallele zweier Fachgebiete in einem Bildungsprozess, der vornehmlich logisches Denken hervorkehrt und gleichermaßen auf philologischer wie auch naturwissenschaftlicher Bildung aufbaut, vollzieht Litt nicht auf dieselbe Weise nach wie Kerschensteiner. Er sucht keine gemeinsamen Strukturprinzipien, sondern richtet sein Interesse auf die Auswirkungen der Unterschiede. Für ihn konstituiert die Ausdifferenzierung von mathematisch-empirischen Naturwissenschaften seit der Renaissance einen nicht durch guten Willen und Nützlichkeitsabwägungen aufhebbarer Zwiespalt der Wissensgebiete. Dies führt jedoch nicht zu einer Herabsetzung der Naturwissenschaften, denn diese seien „für die Erhaltung und Förderung unseres äußeren Daseins schlechthin unentbehrlich“ (ebd.). Ein Defizit der Naturwissenschaften in ethischer Hinsicht betont auch Litt.

Im Laufe der Wissenschafts- und Bildungsgeschichte beobachtet Litt sowohl verklärende Überbewertung der Naturwissenschaften als auch ihre starke Zurückweisung – „Verhimmelung und Verketzerung“ (ebd.: 90). Diese antagonistischen Positionen finden sich im Streit um die Bedeutung einschlägiger Fächer für die Bildung wieder, eine Klärung der Positionen solle deshalb auf übergeordneter philosophischer Ebene erfolgen, denn rein pragmatisch (Fachkräftebedarf) sei eine Integration naturwissenschaftlichen Unterrichts in ein umfassendes Bildungskonzept nicht zu rechtfertigen. Es geht darum, die Gründe zu finden, warum zwei Fachgebiete so nachhaltig als divergent eingeschätzt wurden. Eine pragmatische Einführung von ‚Realunterricht‘ seit dem späten 19. Jahrhundert sei Ausdruck einer lebensweltlichen Notwendigkeit, löse das Problem aber keineswegs grundlegend:

Die ‚bildende‘ Funktion der exakten Naturwissenschaft ist nicht schon dadurch hinlänglich garantiert, daß sie von dem zu Bildenden sachgemäß angeeignet und sachverständig ausgeübt wird. Er muß auch dahin gelangen, sie zu den anderen um seine Seele werbenden Mächten so ins Verhältnis zu setzen, daß er weder an ihrem Wahrheitswert und ihrem Lebensrecht irre wird noch auch sie auf Kosten und zum Schaden des aus anderer Wurzel Wachsenden auswuchern lässt (ebd.: 91).

Anforderungen werden hier von zwei Seiten gestellt: Die nicht-naturwissenschaftlichen Bildungssegmente sollen aus Gründen der lebensweltlichen Veränderung um entsprechende naturwissenschaftliche Bestandteile ergänzt werden und die (nach Humboldts Auffassung berufsvorbereitende) Spezialausbildung soll einen angemessenen Anteil an der allgemeinen Bildung einschließen. Wenn von ‚allgemeiner Bildung‘ die Rede ist, verbleibt Litts Vorstellung allerdings schwerpunktmäßig in der humanistischen Tradition.

Was im obigen Zitat „anderer Wurzel“ zugeordnet wird, bezieht sich inhaltlich nicht nur auf philologische oder historische Gegenstände, es schließt vielmehr Naturwahrnehmungen ein. Hier findet zunächst ein Anschluss an Diltheys Begriff des Erlebnisses in der Natur statt. Für Litt prägt die als Umwelt gegebene Natur das Leben wesentlich. Alle Menschen nehmen Natur sinnlich wahr, da diese ihre Lebensumgebung bildet und sie selbst ein Teil von ihr sind. Natur-, ‚Wissenschaft‘ ordnet hingegen die Naturwahrnehmung rational und methodisch, wodurch diese ihre sinnlich-intuitiv

wahrnehmbaren Eigenschaften einbüßt. Martin Wagenschein hat sich mit dieser Kluft didaktisch besonders auseinandergesetzt, Litt bemüht sich um einen Erklärungsansatz, warum die beiden Arten der Naturbetrachtung sich so unterschiedlich auswirken und das Verhältnis der Menschen zur Natur auf zweierlei Weise beeinflussen.

Maßgeblich setzt sich die Wissenschaft, sobald sie in ihrer mathematisch-empirischen Ausprägung in die Naturbetrachtung eingreift, über die intuitiv-sinnliche Wahrnehmung hinweg, so „daß wir hier zwei ‚Weltbilder‘ vor uns haben, die den nämlichen Gegenstand möglichst getreu darzustellen bestimmt sind und die dennoch zueinander im Verhältnis der Konkurrenz stehen“ (ebd.: 68). Naturwissenschaft erhebt den Anspruch, der intuitiven Wahrnehmung grundsätzlich überlegen zu sein. Letztere wird herabgesetzt, sie erscheint als naiv oder subjektiv-emotional, weil die Befindlichkeit der wahrnehmenden Individuen darin eine prägende Rolle spiele: So seien

doch die Sinneseindrücke schon dadurch als ‚bloß subjektiv‘ gekennzeichnet, daß sie nicht nur von der Organisation des wahrnehmenden Subjekts, sondern auch von dem augenblicklichen Zustand dieser Organisation abhängig und daher mit dem Charakter der Zufälligkeit [...] behaftet seien“ (ebd.: 15f.).

Der Vorwurf einer Subjektivität wird auch heute noch in der Physikdidaktik besprochen, wobei meist gemeint ist, dass jedes Individuum aufgrund seiner persönlichen Wahrnehmung und deren Deutung andere Eindrücke haben kann als ein anderes Individuum. Dies führe dazu, „dass die naturwissenschaftliche Methode wegen der Forderung nach Objektivität notwendigerweise das Subjekt zurückdrängt, ja ausschließt“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 21) – eine wissenschaftliche Position, die das Subjekt zurückdränge kann nicht zur Bildung ebendieses Subjektes positiv beitragen. Dies ist aber bei Litt nicht der einzige wichtige Punkt, vielmehr der leicht nachvollziehbare Eintritt in die Analyse des Begriffs eines naturwissenschaftlich geprägten Subjekts.

Litts Diskussion des Gegensatzes zwischen Subjekt und Objekt zielt auf die wissenschaftliche Methode, die nicht von Anbeginn in die Natur eingeschrieben ist, sondern von Menschen im Zuge der wissenschaftlichen Entwicklung an diese herangetragen und ihr im naturwissenschaftlichen Weltbild ‚übergestülpt‘ wurde. Im „Siegeszug der Methode“ (ebd.: 18) setzte sich die „die logisch-methodische Struktur“

(ebd.: 52) bei der wissenschaftlichen Naturbetrachtung durch. Natur erhielt dadurch eine veränderte Erscheinungsform, sie war und ist nicht mehr unmittelbar wahrnehmbarer Ausdruck von Leben und Lebensbedingungen, sondern ein abstrakt strukturierter Zusammenhang von Kausalitätsbeziehungen und quantifizierten Verhältnissen.

Dieser Perspektivwandel bedeutet sowohl „radikale Entsinnlichung“ (ebd.: 36) als auch „Entpersönlichung“ (ebd.: 36), dies entmachtet die Weltdeutung durch das gebildete Subjekt. Die menschlichen Wahrnehmungen und die mit ihnen verbundenen intuitiven Gefühls- und Denkvorgänge werden abgeschnitten. Menschen gewinnen einen gewissermaßen unnatürlichen Standpunkt gegenüber Natur, sie begreifen diese nur noch als Gegenstand des methodischen Denkens: „Der besondere Mensch verwandelt sich in das Organ eines überpersönlich-allgemeinen Denkens. Er wird Platzhalter des Verstandes überhaupt“ (ebd.: 36). Das Subjekt wird also nicht, wie es bei Kircher heißt, „zurückgedrängt“, sondern transformiert, das Subjekt in der naturwissenschaftlichen Haltung ist statt universeller Geist Teil eines methodischen Plans. Da die Allgemeingültigkeit der auf Natur bezogenen Gesetze unhistorisch und frei vom Einfluss menschlichen Willens ist, können die Gesetze weder zum Gegenstand historisch argumentierender Bildung noch auslegenden Verstehens werden – sie gelten nur unter Anerkennung der naturwissenschaftlichen Methode. Dadurch verändert sich jedoch die existierende Natur keineswegs, nur das Verhältnis der Menschen zu ihr wird neu definiert: „Wir stehen vor der Frage, wie der Übergang, den der Mensch vollbringt, indem er sich selbst zum denkenden Subjekt und die Natur zum zu denkenden Objekt umbildet, sub species der Menschenbildung zu beurteilen ist“ (ebd.: 35).

Der Wandel im Selbstverständnis spezialisierter Fachleute gelang im Laufe der naturwissenschaftlichen Entwicklung umfassend, sie verstehen sich als methodisch angeleitete Spezialisten. Auch wenn Litt immer wieder von ‚dem Menschen‘ im Allgemeinen schreibt, muss natürlich unter Berücksichtigung der sozialen Realitäten unterschieden werden zwischen einerseits naturwissenschaftlich eingestellten und humanistisch denkenden Menschen andererseits. Die Ersteren entfernen sich in ihrer Weltauffassung (notwendigerweise) von den Letzteren, weil sie als Verkörperung des naturwissenschaftlichen Verstandes handeln: „Mensch und Methode werden eins in dem Sinne, daß der Mensch sich an die Methode hält, daß er *sich* nach den in ihr liegenden

Anweisungen richtet“ (ebd.: 54). Dies führt zu einer Entfernung von all dem, was aus humanistischer Perspektive – und in der späten Moderne auch aus anderen Menschenbildern heraus – menschlich ist:

Das Subjekt, das naturwissenschaftlich denkt, verurteilt (für die Dauer dieser Betätigung) sein persönliches Menschentum zum Verstummen und behält auch in dem Bilde der Welt, das es entwirft, vom Menschen nur das übrig, was vom Zentrum des Menschseins am weitesten abliegt (ebd.: 96).

Bei Spezialisten mag das als unproblematisch gelten, bei eher universell interessierten oder ausgebildeten Personen führt es zu unterschiedenen Bewusstseinsphären, die auf der einen Seite die naturwissenschaftlich-methodische Sichtweise ablehnen und ihr auf der anderen Seite streng zu folgen haben. Schülerinnen und Schüler, die im Gymnasium mit demselben Wahrheitsanspruch Literatur und Religion, Physik und Chemie lernen wollen (oder wenigstens müssen), erleben diese Kluft, ohne darauf vorbereitet zu werden.

In einer technisierten Welt tritt neben die Natur auch die technisch-zivilisatorische Lebensumgebung, ganz pragmatisch werden darin Teile der Natur zum absichtsvoll genutzten Mittel, zugleich verlieren sie in den Augen vieler Benutzer die Eigenschaft, methodisch domestizierte Natur zu sein:

die Relation ‚Mittel – Zweck‘ ist die ins Praktische transponierte Relation ‚Ursache – Wirkung‘. Von ihr aber steht es fest, daß sie nichts anderes ist als das maßgebende Ordnungsprinzip der total versachlichten Welt. So begegnet man den Ausstrahlungen naturwissenschaftlichen Denkens auch in solchen Regionen, die von den Bezirken wissenschaftlicher Arbeit weit abliegen (ebd.: 31).

Während Kerschensteiner gemeinsame Denkstrukturen (als ‚geistige Zucht‘) als Grundlage der wechselseitigen Annäherung der Fachgebiete vorschlägt, sieht Litt einen unaufhebbaren Widerspruch, eine ‚Antinomie‘ der Bewusstseinsformen und damit der Bildungsoptionen. Von dieser Position aus wird klar, dass Kerschensteiner seine Sicht der im Philologischen eingeübten Logik bereits an die naturwissenschaftliche Methode anlehnt, er abstrahiert einen analytischen Verstand aus dem Prozess des Übersetzens, der dem humanistischen Modell so gar nicht eigen ist. Diese Annäherung zielt aber in eine

Richtung, die auch Litt einschlagen möchte, wengleich er aus grundsätzlichen Einsichten heraus an der Antinomie festhält. Ziel ist eine Modifikation des Bildungsbegriffs:

Gestehen wir uns die Unausweichlichkeit dieser Antinomie ein, dann können wir uns auch der Notwendigkeit nicht verschließen, dem Begriff der ‚Bildung‘ einen Inhalt zu geben, der von dem durch unser klassisches Zeitalter zu kanonischer Geltung erhöhten entscheidend abweicht (ebd.: 97).

Da der Widerspruch in Litts Auffassung unaufhebbar bleibt, weil er durch zwei antagonistische Arten der Weltbetrachtung markiert ist, in denen Menschen zwangsläufig kontroverse Positionen einnehmen, muss Litt den tradierten Bildungsbegriff aufheben:

Mit diesem [humanistischen] Ideal von Menschenbildung verträgt sich nicht die Anerkennung einer den Menschen in sich entzweierenden Antinomie, die nicht etwa bloß hier und da als leidiges Faktum der Verwirklichung der Harmonie im Wege steht, sondern im uranfänglichen Wesen des Menschen begründet ist und deshalb ohne Abschwächung und Beschönigung an den Tag gebracht werden will (ebd.: 97).

Miteinander vermittelt werden können die Leistungen der antagonistischen Fachrichtungen nur, indem Menschen sich über die Art der Versachlichung von Natur durch die Naturwissenschaften klar werden. Im Gegensatz zu Kerschensteiner geht es also nicht um ein übergeordnetes Bilden durch Verstandesoperationen, sondern um die Eingrenzung des versachlichten Verhältnisses zur Natur. Dies umfasst einen Vorgang der Reflexion der methodischen Sichtweise (die zu unterscheiden ist von der Reflexion des Lernvorgangs, den die heutige Fachdidaktik hervorhebt). Zugleich ist die Rolle des Subjektes zu klären und im Bewusstsein zu halten: Nicht die individuelle sinnliche Wahrnehmung von Natur versetzt die Individuen in eine Haltung als Subjekt gegenüber dem Objekt Natur, sondern der methodische Vorgang der Naturwissenschaften selbst erzeugt die in ihm enthaltene Subjektkonzeption. Indem sie Natur methodisch zum Objekt machen, zu einem Gegenstand, der ihnen als verfügbarer gegenüber steht, machen sich Menschen selbst erst zu dieser Art von Subjekt, und zwar zum Subjekt als ‚denkender Verstand‘, zum handelnden Beherrscher der Lage. Daraus folgt, dass Natur nun nichts weiter darstellt als ein Betätigungsfeld für experimentelles Forschen und mathematisches

Beschreiben. Die methodisch versachlichte Natur hat in diesem Verhältnis keinen anderen, weltanschaulich gesprochen: keinen tieferen Sinn als diesen.

Das Defizit des wissenschaftlichen Naturbegriffs, das Kerschensteiner als ethischen und sozialnormativen Bildungsmangel des naturwissenschaftlichen Unterrichts feststellt, ist für Litt ebenfalls ein wichtiger Diskussionspunkt. Natur vermittelt auch in diesem Rahmen keinen ‚Sinn‘; scharf kritisiert Litt jene Apologeten der Naturwissenschaft, die die Bedeutung der Welt für die Menschen auf den Begriff einer zweckdienlich nutzbaren Natur reduzieren. Der ‚reine Verstand‘ der Naturwissenschaft schafft sich vielmehr ein Objekt, welches gerade im Hinblick auf menschliche Bedürfnisse wie Ethik, Lebenssinn und andere philosophische Fragen, die auch Basis der Religionen sind, stumm bleibt. Auch Litt greift bei der Bestimmung dieses Zustands auf die universalistische Naturbetrachtung Goethes zurück (vgl. ebd.: 44, 95 und öfter), in welcher „Welthingabe und Weltbemeisterung“ (ebd.: 68) gleichermaßen zum Ausdruck kämen und nicht letztere vorherrsche. Litt betont immer wieder, dass der verstandesmäßige Zugriff auf Teile der Natur keine Erkenntnis über deren Bedeutung für den Menschen – es geht im philosophischen Sinn um etwas ‚Wahres‘ oder ‚Wirkliches‘ – ermöglicht, ja geradezu davon fortführt. Eine umfassende Bedeutung für den Menschen könne, wenn überhaupt, nur wahrgenommen werden, wenn der Mensch in seiner Totalität, also seinen urmenschlichen Eigenschaften, involviert ist. Litt schließt, „daß wir von keinem Wirklichen wissen können, es sei denn, daß es sich uns irgendwie und irgendwo in sinnlicher Gestalt darbietet“ (ebd.: 71) – die Objektivierung der Natur lässt kein ‚Wirkliches‘, also keinen sinnhaften Zusammenhang für die Menschen erkennbar werden.

Naturwissenschaftliche Methode

ist dazu da, den Menschen zu befähigen, daß er jenes von ihm als lebendiges Selbst geschiedene und verschiedene Etwas, welches ‚Natur‘ heißt, zum ‚Objekt‘ formiere und so sich selbst zum ‚Subjekt‘ sublimiere – nicht aber ist sie qualifiziert, ihm auch noch jene Blickwendung vollziehen zu helfen, die erforderlich ist, damit er *seiner selbst* – genauer: damit er der in ihm selbst sich begebenden Wandlung ansichtig werde, in deren Vollzug er erst zu dem der Objektbestimmung fähigen Subjekt heranreift (ebd.: 74f.).

Litt entwirft einen Bildungsbegriff, in dem einerseits historische, ästhetische und ethische Gegenstände bedeutsam sind, andererseits Naturwissenschaften als ‚reiner Verstand‘

unverzichtbar erscheinen. Was bedeutet dies für einen naturwissenschaftlichen Unterricht? Litt verweist darauf, dass ein schematisches Erlernen naturwissenschaftlicher Fähigkeiten keinen Bildungswert habe, „die mathematische Naturwissenschaft [soll] nicht bloß als Fach unter Fächern ihre Pflege erfahren, sondern auch als echter ‚Bildungsfaktor‘, d. h. als vollwertiger Beitrag zur Ausgestaltung des Menschenwesens“ (ebd.: 90).

Dies beginnt bei einer „Selbstbegrenzung“ (ebd.: 94) des naturwissenschaftlichen Anspruchs, wodurch die Antinomie der Bildung in ihrer Wirkung verringert werden kann, und setzt sich in der Einbeziehung der sinnlichen Naturerfahrung fort. Die didaktische Praxis wird für Litt vor allem von der Einstellung der Lehrpersonen maßgeblich beeinflusst: „jene geistige Umorientierung, die zu geschehen hat, damit die exakte Naturwissenschaft zu ihrer menschenbildenden Wirkung freigesetzt werde, muß bei denen anfangen, die sich als ihre berufenen Hüter und Förderer fühlen dürfen“ (ebd.: 94). Hier liegt auch einer der Ansatzpunkte Wagenscheins, auf den weiter unten einzugehen sein wird – ein Ansatz, für den Wagenschein uneingeschränkte Zustimmung durch Litt erhielt.

Litts Überlegungen wurden seit ihrem Erscheinen vielfach aufgegriffen und diskutiert. Bezogen auf die Didaktik der Physik spielen heute – als Rezeptionsgeschichte – vor allem Veröffentlichungen von Klafki (1982) und aktuell Geiß (2013) eine herausragende Rolle. Klafki befasst sich im Kapitel „Das Bildungsproblem angesichts der modernen Naturwissenschaften, der Technik und der industriellen Produktions- und Arbeitswelt“ (1982) mit der Erweiterung jener Anforderungen, die Litt an den Bildungsbegriff stellt. Technik und industrielle Welt werden als Umsetzungsformen naturwissenschaftlicher Erkenntnis mit Auswirkungen auf die Bevölkerung im Allgemeinen diskutiert. Den politischen Diskussionen nach 1968 folgend, in denen unter anderem die Humboldt-Tradition kritisiert worden war, berücksichtigt Klafki nicht mehr nur die Idee des freien Individuums in seiner Totalität als antinomischen Pol zur Naturwissenschaft, sondern er betrachtet letztere zugleich als gesellschaftliches Handlungsfeld (speziell in den genannten praktischen Anwendungsbereichen) und erklärt sie dadurch zu einem ebenbürtigen Bildungsbereich wie andere gesellschaftlich relevante Gegenstände. Diese Umwertung naturwissenschaftlicher Fächer modernisiert ihre Wahrnehmung in gewisser

Weise, indem sie sie politischem und ethischem Zugriff zugänglich machen. An der erkenntnistheoretischen und subjektkonstitutiven Antinomie der Fachgebiete ändert diese Sichtweise nichts, entproblematisiert sie aber, weil sie einer allgemeiner gefassten didaktischen Aufgabe, der demokratischen Verantwortungsethik, unterstellt sind.

Klafki distanziert sich von Litts Rekonstruktion des auf das Individuum bezogenen humanistischen Bildungsbegriffs, er moniert die mangelnde gesellschaftliche Komponente und nennt ihn „ästhetisch-elitäre[n] Humanismus“ (Klafki 1982: 316); Klafki ist es auch, der daran erinnert, dass die ursprüngliche kritische Wendung im späten 18. Jahrhundert durchaus einen sozialen Impetus aufweist („Auflehnung wider den Zeitgeist“, gegen „Rationalisierung und Reglementierung“; ebd.: 311), allerdings zielt sie in ihrer sozialen Komponente auf elitäres bürgerliches Bewusstsein. Didaktische Folgerungen ergeben sich aus dieser Position vor allem unter Anwendung von Klafkis zentralen Begriffen der kategorialen Bildung und der gesellschaftlichen Schlüsselprobleme.

#### **4.7 Materiale, formale und kategoriale Bildung**

Im „Wettlauf mit der immer schnelleren Entwicklung“ (Klafki 1963: 28) einer aufklärerischen Wissensproduktion wuchs auch der Unterrichtsstoff rasch an. Das Ideal von ‚Gelehrsamkeit‘ im 18. Jahrhundert, die Sammlung möglichst breit gestreuter Einzelkenntnisse, sollte ein Universal-Wissen verbreiten. Mit Bezug auf die Lexikon-Kompilationen des 18. Jahrhunderts (wie Zedlers „Universal-Lexikon“ in 64 Bänden 1731-1754 oder Diderots/d’Alemberts „Encyclopédie“ 16 Textbände 1751-1765, Supplementa und Tafelbände) nennt Kerschensteiner dies später im Rückblick eine „enzyklopädische Seuche“ (Kerschensteiner <sup>4</sup>1952: 76). Den Versuch, in der Unterrichtsgestaltung möglichst viele Wissens Elemente einzubeziehen, wurde im 19. Jahrhundert „didaktischer Materialismus“ (vgl. Dörgfeld 1879) genannt. Damit wuchs auch die Erfahrung, dass Unterrichtszeit begrenzt, der Stoff aber schier unermesslich ist. Stoffanhäufungen mit dem Ziel einer „Vielwisserei“ (Kerschensteiner 1952: 29) zogen durch „Überfüllung des Lehrplans mit Inhalten“ (Dietrich 1998: 256) schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts jene Kritik auf sich, die unter anderem zum klassischen Bildungsverständnis mit seiner Subjektzentrierung und praxisfeindlichen Haltung führte.

Zwei didaktische Grundkonzepte standen sich von da an in den pädagogischen Diskussionen gegenüber, eine ‚materiale‘ Bildungsauffassung, die die Köpfe der Lernenden als Behälter betrachtete, in welche möglichst viel Wissens-elemente eingefüllt werden müssten („wie das Füllen eines Sackes“ wird später Wagenschein schreiben; 1953: 5), sowie eine ‚formale‘ Bildungsauffassung, die die Entwicklung ‚geistiger Kräfte‘ bevorzugte, wobei nur ausgewählte Inhalte behandelt werden sollten. Mit der heutigen Bezeichnung von institutioneller (Schul-)Bildung im Gegensatz zu non-formaler hat dies nichts zu tun.

In der Geschichtsschreibung der deutschen Pädagogik und Schulkonzeptionen gilt der Berliner Oberkonsistorialrat Friedrich Gedike (1754-1803) als erster Verfasser fundierter Reformideen im Sinne einer formalen Bildung. Seine Schrift „Praktischer Beitrag zur Methodik des öffentlichen Schulunterrichts“ (1781<sup>3</sup>) nimmt erstmals – ohne die Begriffe in der später geläufigen Form zu verwenden – eine Unterscheidung vor zwischen ‚materialer‘ und ‚formaler‘ Bildung. Kritisiert wird die kompilierend vorgetragene Stofffülle, Ziel sollen stattdessen „Ideenverknüpfungen von aller Art“ (Gedike 1781: 88) in den Köpfen der Lernenden sein.

Erstmals wird hier die Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler (wobei Gedike als Direktor des Friedrichwerderschen Jungen-Gymnasiums kaum an Mädchen gedacht haben dürfte) in den Vordergrund gerückt. Abgelehnt wird in diesem Kontext der Frontalunterricht im Vortragsstil: „docirt und urtheilt der Lehrer allein, so ist die natürliche Folge, daß er nicht denkende Köpfe, sondern nachsprechende Papageien bildet [...]“ (Gedike 1781: 91). Als Schlussfolgerung lehnt Gedike ein rigides, verpflichtendes Curriculum ab: „Ueberhaupt ist ein feststehender Schulplan, worin ein für allemal die Zahl und Ordnung der Lektionen [...] bestimmt werden, eine für jede Schulanstalt äußerst nachtheilige Sache“ (ebd.: 72). Gedike kann damit als Wegbereiter des Humboldtschen

---

<sup>3</sup> In der pädagogischen Fachliteratur wird oft das Jahr 1789 genannt, welches sich aber nicht auf die Erstveröffentlichung bezieht, sondern auf den Wiederabdruck in einem späteren Druck „Gesammelte Schulschriften“ (Berlin: Unger 1789-1795).

Bildungsbegriffs bezeichnet werden, Humboldt entwickelte rund 30 Jahre später seine ‚Schulpläne‘ für dasselbe preußische Ministerium.

Einige Unterschiede beider Positionen müssen jedoch im Gedächtnis bleiben: Gedike ist Schulpraktiker, der trotz aller Stoff-Skepsis Materialvorschläge für jedes Gymnasialjahr unterbreitet – eingeschlossen naturwissenschaftliche Stoffe –, eine Aufgabe, der sich Humboldt nie unterzieht. Zugleich ist Gedike Vertreter der Berliner Aufklärung (u. a. Mitherausgeber der „Berlinischen Monatsschrift“), gehört also einem anderen wissenschaftstheoretischen Lager an als Humboldt, der der Weimarer Klassik nahesteht. Im Katalog der Fächer, die Gedike berücksichtigt, sind aus naturwissenschaftlicher Sicht „Naturgeschichte“ und „Geographie“, ferner „physikalische Kenntniß des menschlichen Körpers“ als „gemeinnützige Bürgerkenntnisse“ (Gedike 1781: 70) hervorzuheben.

Der Aspekt der Gemeinnützigkeit garantiert hier einen Praxisbezug gerade auch im Bereich des naturwissenschaftlichen Wissens. In Naturgeschichte ist jedoch noch keine empirisch-mathematische Naturwissenschaft enthalten, es handelt sich vielmehr um ein Sammelgebiet voneinander getrennt zu lernender Wissens Elemente, noch spielten darin „Gesetzmäßigkeiten in der Natur und die Erklärung theoretischer Zusammenhänge eine geringe Rolle“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 17). Im Curriculum löste Mathematikunterricht das Fach ‚Rechnen‘ erst in Sekunda und Prima als „Algebra“ und „Geometrie“ ab (Gedike 1781: 100).

Dass „formale und materiale Bildung der Intention nach entgegengesetzt“ (Geiß 2013: 35) waren, sollte für das 19. und 20. Jahrhundert nicht durchgängig behauptet werden, denn es „ließe sich aus der Bildungstheorie der letzten 150 Jahre, vor allem aus den letzten Jahrzehnten, eine geradezu ermüdende Fülle von Formulierungen anführen, die in diesem Sinne über gefährliche Vereinseitigungen hinauskommen wollen“ (Klafki 1963: 38). Der beiderseitige Blick auf das jeweils andere Konzept verhinderte jedoch nicht, dass sich zwei Lager verfestigten, in denen die Praktiker eher auf die materiale Bildung durch Curriculaentwürfe zielten und ihre Gegner auf inhaltsunabhängige ‚geistige Kräfte‘. Letzteres orientierte sich weiterhin an der Vorstellung einer zu entwickelnden geistigen Totalität des Individuums. Diese Vorstellung wurde um so mehr konsolidiert, als sie im 19. Jahrhundert zum festen Bestandteil einer nationalen deutschen Identität stilisiert wurde: „Dieser nationale Charakterzug tritt kaum irgendwo deutlicher hervor als in der

Pädagogik [...] ein Denken und Schaffen aus einer geschlossenen Totalanschauung heraus“ (Dörigfeld 1879: 47).

Während noch Kerschensteiner den naturwissenschaftlichen Unterricht 1913 eher aus formalen Gründen in das Bildungsspektrum einbezieht, verstärken sich die integrativen Stimmen zwischen materialer und formaler Bildung unter der Maxime „Wie ist jedes der verschiedenen Unterrichtsfächer seiner Eigenart gemäß, in Hinsicht auf eine größtmögliche Ausnutzung in formaler und stofflicher Beziehung den allgemeinen Unterrichts- und Erziehungszielen nutzbar zu machen?“ (Offe 1917: 225). Damit stellt sich die Frage nach der Begrenzung des Stoffes und nach einer Operationalisierung der methodischen Formen weiterhin. „Ziel künftiger Schulreformen ist also, den Erwerb konkreter Vorstellungen und die Übung im Gebrauch der wichtigsten Geisteskräfte ins rechte Gleichgewicht und in eine möglichst enge Verbindung miteinander zu bringen“ (Offe 1917: 228). Auffällig ist, dass die ‚materiale‘ Seite als „konkrete *Vorstellungen*“



bezeichnet wird – nicht als Weltwissen oder gar praxisbezogene Kenntnisse –, wodurch die Fokussierung auf ‚geistige Kräfte‘ weiterhin als prioritär ausgewiesen wird.

Eine tragfähige Überwindung der Dichotomie von ‚material‘ und ‚formal‘ kommt erst durch die historisch argumentierenden theoretischen Arbeiten Wolfgang Klafkis zustande. Für vorliegende Arbeit ist sein Beitrag um so wichtiger, als er die Geltung naturwissenschaftlicher Fächer berücksichtigt, die zuvor immer im Schatten der Philologie und der Geschichte standen oder ganz ausgeblendet blieben.

Abb. 5: Wolfgang Klafki 2003 (Quelle: Kramer: 25)

Klafki entwickelt das Konzept einer ‚kategorialen Bildung‘, welche die Dichotomie aufhebt, indem sie den Bildungsbegriff neu begründet. Die folgende Definition zeigt, wie Klafki begrifflich die Diskussionen der Vergangenheit einbezieht:

Bildung nennen wir jenes Phänomen, an dem wir – im eigenen Erlebnis oder im Verstehen anderer Menschen – unmittelbar der Einheit eines objektiven (materialen) und eines subjektiven (formalen) Momentes innwerden. [...] Bildung ist ein Erschlossensein einer dinglichen und geistigen Wirklichkeit für einen Menschen – das ist der objektive oder materiale Aspekt; aber das heißt zugleich:

Erschlossensein dieses Menschen für diese seine Wirklichkeit – das ist der subjektive oder formale Aspekt zugleich im ‚funktionalen‘ wie im ‚methodischen‘ Sinne (Klafki 1963: 43).

„Erlebnis“ und „Verstehen“ greifen Diltheys zentrale Begriffe auf, „der Einheit [...] innerwerden“ spielt noch auf die geistige Totalität an, „material“, „formal“, „funktional“ und „methodisch“ sind die Schlagworte des status quo der pädagogischen Konzepte nach dem Zweiten Weltkrieg. Zwei andere Begriffe weisen in die Richtung des Neuen: „Verstehen anderer Menschen“ sowie „dingliche und geistige Wirklichkeit“ – beide repräsentieren die gesellschaftliche Einbindung und Kommunikation wie auch die Kombination von zeitgemäßem (d. h. nicht-historischem) Inhalt und Form in der jüngeren Didaktik. In den traditionellen Kategorien des Humanistischen und Realen erhält nun das Reale einen Platz in jedem Fach, indem es einerseits den humanistischen Idealismus ablöst und andererseits die naturwissenschaftlichen und technischen Sachgebiete gleichberechtigt neben diese stellt.

Klafki referiert pädagogische und bildungstheoretische Grundpositionen seit der Aufklärung und fasst sie auf einem theoretischen Niveau zusammen, auf dem sie vergleichend kritisiert werden können. Hier seien nur die wichtigsten Kritikpunkte hervorgehoben: Der didaktische Materialismus als „bildungstheoretische[r] Objektivismus“ betrachtet das pädagogische Vorgehen in einer „einseitige[n] Form des ‚Scientismus‘“ (Klafki 1963: 28), zielt also auf die „Gleichsetzung von Bildungs- und Wissensinhalten“ (Klafki 1963: 28). Schulunterricht schließt hier ausschließlich an wissenschaftliche Erkenntnisse an und präsentiert deren Grundlagen, ohne auf Bedürfnisse der Lernenden und ihres Lebensumfeldes oder der ganzen Gesellschaft einzugehen. Besonders im Hinblick auf philologische und historische Stoffe führe dies zu einer Verabsolutierung der Kulturinhalte (ebd.: 28), doch auch für naturwissenschaftliche Stoffe dürfe kein Automatismus bei der Übernahme kanonisierter Elemente bestehen. Stoffauswahl muss den gesellschaftlichen Bedingungen angepasst werden: Wird der Stoff verabsolutiert, bleiben „keine pädagogischen Auswahlkriterien“ – Didaktik liefert sich „hilflos der unerschöpflichen Fülle“ (ebd.: 28) der Inhalte aus. Daraus folgt das unlösbare Problem der Konsensbildung bei der notwendig selektiven Curricularplanung: „Die spezifisch pädagogische Auswahlproblematik entspringt [...],

wo [...] Einmütigkeit nicht mehr gegeben ist“ (Klafki 1963: 31). Mit der Kritik an fraglos tradierten Lehrplänen und Fächerkanones aber war genau diese Einmütigkeit aufgehoben. Auch die Tradition der klassischen Bildung, wie er sie in der Unterrichtspraxis der vorausgegangenen Jahrzehnte beobachtet, rechnet Klafki zum didaktischen Materialismus, Lernziele wie ein „Wertbegriff des Klassischen“, ethisch-ästhetische „menschliche Qualitäten“ oder „beispielhafte Bewältigung charakteristischer Lebenssituationen, in denen es um Treue und Untreue, Wahrhaftigkeit oder Unwahrhaftigkeit [...] geht“ (ebd.: 30) bleiben abgehoben historisch, abgetrennt von der Gegenwartserfahrung, und können die Lernenden nicht an einen Umgang mit konkreter Wirklichkeit heranführen.

Formale Bildung mit dem Ziel der „Formung, Entwicklung, Reifung von körperlichen, seelischen und geistigen Kräften“ hingegen übersieht, dass diese Kräfte nicht ‚leer‘ entstehen. Sie können nur an geeigneten Gegenständen entfaltet und erprobt werden: „Was der Geist sei [...] läßt sich schlechthin nur sagen im Blick auf die *geistige Wirklichkeit*, d. h. in der Analyse konkreter Begegnungen von Mensch und Welt“ (ebd.: 34). Es besteht hier ebenfalls ein Auswahl- – und zugleich ein Legitimations- – Problem: „Welches sind die Inhalte, an denen jene Kräfte mit dem größten Erfolg entwickelt werden können?“ (ebd.: 30). Klafki bestreitet die – aus dem organologischen Denken des späten 18. Jahrhunderts herrührende – Annahme, dass ‚Kräfte des Geistes‘ vorgeprägt seien und nur im Zusammenhang (der auf ideale Totalität zielt) ausgefaltet zu werden bräuchten. Erst die Auseinandersetzung mit erfahrbaren und wirklichkeitsrelevanten Gegenständen, in „Auseinandersetzungen von Kind und konkreter Kultur“ (ebd.: 35), bildet, weil „die sogenannten ‚Kräfte‘ auch als ‚Wirkungen‘ der dem Menschen begegnenden Inhalte angesehen werden können“ (ebd.: 35).

Der formalen Bildung ordnet Klafki auch die ‚methodische Bildung‘ zu, die im Geist des Szientismus methodisches Denken in den Fokus rückt. Methodisches Denken ist ebenso wenig ‚leer‘ vorstellbar wie geistige Kräfte des Subjekts. Es bleibt beliebig, wenn „Methode, die der Schüler sich aneignen soll, so abstrakt und formal bestimmt wird, daß sie zwar tatsächlich für alle Bereiche gültig, dafür aber praktisch unbrauchbar ist, weil sie völlig offen läßt, wie im jeweiligen Falle die formalmethodischen Bestimmungen zu

handhaben sind“ (ebd.: 37). Diese Kritik bezieht sich auch deutlich auf naturwissenschaftlichen Unterricht.

Klafkis zentraler Begriff der kategorialen Bildung wird nicht aus diesen Kritikpunkten allein gerechtfertigt, er setzt Inhalt und Denkform zueinander in Beziehung und fokussiert die pädagogische Aufgabe auf die Auswahl der Unterrichtsgegenstände. Auf diese Weise werden die von ihm eingeführten ‚Kategorien‘ konstituiert. Klafki ist offen genug, um den älteren pädagogischen Theoretikern zuzugestehen, dass sie längst versucht haben, die Einseitigkeit festgefahrener materialer versus formaler Ansätze zu überwinden. Vor allem in den Diskussionen der Nachkriegszeit findet er zahlreiche, meist pragmatische Hinweise auf die didaktische Überwindung sowohl des Scientismus als auch des Idealismus. Wagenschein ist für ihn vorbildlicher Repräsentant der Stoffreduktion durch die Konzentration auf Exemplarisches. „Wagenscheins Werk kann als physikdidaktische Interpretation der kategorialen Bildung aufgefasst werden“ (Kircher 2009: 21).

Die Stoffbegrenzung, eigentlich die „pädagogische Auswahl“ von angemessenen Inhalten, leitet Klafki aus dem Lernvorgang ab, den er für die kategoriale Bildung modelliert. Zentrale Bedeutung haben dabei „Grundeinsichten“: „Die im geistigen Nachvollzug wirklich angeeignete Grundeinsicht wird selbst – in einem übertragenen Sinne – zu einer Kraft“ (Klafki 1963: 40). Die „Grundeinsicht“ ist an das Kennenlernen und Anwenden der im jeweiligen Fach maßgeblichen Methode(n) mitsamt Inhalten gebunden, wie die in der Kritik des materialen wie formalen Bildungsbegriffs eingeführte unauflösliche Verbindung zwischen dem Material und dem geistigen Vorgang dargelegt hat. Deshalb gibt es auch keinen Inhalt für sich, sondern nur einen Inhalt in Abhängigkeit von der Fragestellung:

Inhalt und Methode sind unlöslich korrelativ aneinander gebunden. Der Inhalt birgt in sich den Weg, auf dem er zum Inhalt wurde – er hebt diesen Weg in sich auf; der Weg aber, d. h. die Fragerichtung und die methodischen Schritte legen notwendigerweise immer schon eine bestimmte Frageperspektive fest, die die Weise, in der der Inhalt am Ende des Weges aufleuchtet wird, im voraus bestimmen (ebd.: 41).

Das Grundlegende konstituiert die Kategorie, den gegenüber anderen Gegenständen abgegrenzten Geltungsbereich. Dadurch, dass nur grundlegende Fallstudien im

jeweiligen Fach eingeführt werden, kann ihnen trotzdem eine Allgemeingültigkeit, eine Übertragbarkeit auf andere Fälle derselben Kategorie, zugeschrieben werden. Durch den notwendigen Zusammenhang zwischen Inhalt und Methode (Denkweise), nimmt das lernende Subjekt den Fall als Kategorie wahr und kann ihn sich als Beispiel für ein musterbildendes Verfahren aneignen: „Das Sichtbarwerden von ‚allgemeinen Inhalten‘, von kategorialen Prinzipien im paradigmatischen ‚Stoff‘, also auf der Seite der ‚Wirklichkeit‘, ist nichts anderes als das Gewinnen von ‚Kategorien‘ auf der Seite des Subjekts“ (ebd.: 43). Der Kategorie in der Welt (Wirklichkeit) entspricht eine zugeordnete Kategorie im Bewusstsein, beide existieren nur, weil sie sich aneinander ausgeprägt haben: „Im Umgangsverhältnis sind Mensch und Welt nicht streng als Subjekt und Objekt voneinander geschieden, sie sind vielmehr gleichsam Partner“ (Klafki 1982: 322).

Klafki weicht mit dieser Bestimmung vom Subjektbegriff der klassischen Bildungstheorie und auch dem Theodor Litts ab. Weder wird die bildende Tätigkeit allein im menschlichen Geist verortet, noch unterwirft sich dieser seinen eigenen Hypothesen in seiner ganzen Subjektivität der objektivierenden Methode. Bei Klafki hat der Erkenntnisgegenstand seinerseits eine Auswirkung auf das Subjekt: „Bildung ist kategoriale Bildung in dem Doppelsinn, daß sich dem Menschen eine Wirklichkeit ‚kategorial‘ erschlossen hat und daß eben damit er selbst [...] für die Wirklichkeit erschlossen worden ist“ (ebd.: 44). Wie dies im Fachgebiet der Physik vor sich gehen könnte, hat Wagenschein in den unten näher zu betrachtenden exemplarischen Fällen dargelegt.

Für Klafki unterliegen alle Unterrichtsfächer, ebenso wie eine Allgemeinbildung, der kategorialen Aneignung. Um Bildungsziele zu erreichen, kommt es auf die Präsentation angemessener Lernfelder an. Ziel der „pädagogischen Auswahl“ ist die Selektion der „Kategorien als Leitbegriffe für ein nachhaltig ausgerichtetes Bildungskonzept“ (Klafki 1995: 103). Maßgeblich für die Auswahl soll neben dem Grundlegenden eines jeden Faches die Aktualität der Gegenstände in der jeweils gegenwärtigen Wirklichkeit sein, es geht um eine „Auseinandersetzung mit epochaltypischen Schlüsselproblemen der modernen Welt“ (Klafki 1995: 105). Diese komplexe Bildungsaufgabe könne nicht mehr zu einem einheitlichen universalistischen Selbstverständnis führen, in dem ein in sich

ruhendes Subjekt im Mittelpunkt steht – eine Annahme, die durch die pädagogische und allgemein sozialwissenschaftliche Identitätsforschung der jüngeren Vergangenheit immer wieder hervorgehoben wurde (vgl. Keupp 2003; Renn / Straub 2012). Trotzdem darf Bildung nicht zu einer beliebigen Ansammlung von kategorialen Wissensinseln führen, vielmehr besteht Klafki auf einem Zusammenhang der Bildungskategorien – „„Bildung“ ist immer ein Ganzes, nicht nur die Zusammenfügung von ‚Teilbildungen““ (Klafki 1963: 38).

Oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass Klafki einer der Wenigen ist, die prinzipiell naturwissenschaftliche und technische Fächer in den Begriff der Bildung einbezieht. Das Konzept des Kategorialen gestattet es, die Vorbehalte, die Klafkis Lehrer Litt noch gegenüber der Bildungsantinomie der naturwissenschaftlichen Methode formuliert hatte, zu entkräften. Naturwissenschaftliches Wissen ist ebenso kategorial zu erfassen, wie gesellschaftliches Wissen, auch im Betrachten der Natur sind „Mensch und Welt nicht streng als Subjekt und Objekt voneinander geschieden“. Da Menschen sowohl in einer Gesellschaft als auch in der Natur leben und da die Natur eine unverzichtbare Basis gesellschaftlicher Weiterentwicklung (Zivilisation) darstellt, wirken beide ohnehin aufeinander ein. Begrifflich geschieht die Aufhebung nicht durch ein Bestreiten von Litts Position, sondern durch eine Uminterpretation der verwendeten Begriffe: Im Anschluss an den Pädagogen Nohl fasst er den Subjekt- und den Objektbereich als ‚Pole‘ desselben Bildungsvorgangs – wie eben noch einmal im zitierten im Bild der ‚Partnerschaft‘ deutlich wurde –, das Verhältnis zwischen beiden vollzieht er als dialektische Denkform nach: „Indem Nohl Verhältnisse, die zu Beginn einer Erörterung als ‚Antinomien‘ erscheinen, im Verlaufe der Untersuchung als ‚Polaritäten‘ bezeichnet, verhilft er einem Sachverhalt zur Anerkennung, der für alles dialektische Denken kennzeichnend ist und auf den wir bereits mehrfach hingewiesen haben“ (Klafki 1995a: 51). Im dialektischen Denken fordert die Setzung von gegensätzlichen Positionen (These und Antithese) zur Auflösung des Widerspruchs (Synthese) auf.

Naturwissenschaftliche Themen bezieht Klafki auch in einen gesellschaftsbezogenen Bildungsdiskurs ein. Aus den Beispielen von Schlüsselproblemen, die auch heute noch unsere Epoche prägen, seien hier genannt: „Umweltfrage oder die ökologische Frage [...] Wachstum der Weltbevölkerung [...] Gefahren und die Möglichkeiten der neuen

technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien (Klafki 1995: 105). Seit Klafki diese Themen aufgezählt hat, haben sich die bezeichneten Problemfelder erweitert und in ihrer Problematik vertieft. Deutlich treten in ihnen die politische und die ethische Dimension zutage. Dieser Aspekt, dass Gegenstände in naturwissenschaftlicher Perspektive gleichzeitig auch gesellschaftliche Implikationen haben, wurde seitdem von der Fachdidaktik der Physik immer wieder diskutiert.

## 5 Fachdidaktik der Physik – Kompetenzkonzepte der Gegenwart

Wesentliche Orientierungsmarken der Fachdidaktik sind in den oben dargestellten theoretischen Abhandlungen von Mach, Kerschensteiner, Litt, Klafki und anderen enthalten. Dabei verweisen diese auf Bildungstheorien oder zumindest auf gängige Bildungsvorstellungen ihrer Zeit, eine dezidiert schulpraktische Ausrichtung, die von einer Fachdidaktik zu erwarten ist, besitzen sie kaum. Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts entstand mit dieser Ausrichtung aber auch eine Fachdidaktik, die sich unter zunehmendem Interesse an Pädagogik mit den Schnittstellen zwischen wissenschaftlichen Konzepten und der Lebenswirklichkeit oder dem Schulalltag befasste. Dadurch rückten Schüler und Vermittlungswege des Wissens in den Fokus: „Fachdidaktik muss ihre fachwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen als pädagogische Aufgabe wahrnehmen“ (Köhnlein 2012: 19).

Für das Fach Physik überschreitet die pädagogische Didaktik den Rahmen traditioneller Inhalts- und Organisationsfragen des Schulalltags nach der Jahrhundertwende von 1900. Als ein maßgebliches Beispiel sei auf Ernst Grimsehls „Didaktik und Methodik der Physik“ (1911) hingewiesen. Aussagen wie „Fachdidaktik Physik selbst gibt es erst seit den 1970er Jahren“ (Benke 2012: 213) sind historisch eher unangemessen, auch viele Autoren jener Zeit nehmen die fachwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen als pädagogische Aufgabe wahr, und zwar über die Publikation begründeter Stoffcurricula hinaus. Die Durchführung des Unterrichts, die Frage nach Motivation und Belastbarkeit der Lernenden, die gesellschaftliche Bedeutung des Physikunterrichts wurden durchaus angesprochen, wenn auch in viel geringerem Maße als heute. Noch war eine Vorstellung von der Geschlossenheit des Stoffes als notwendig zu vermittelndes System vorherrschend.

Institutionalisiert war die didaktische Behandlung der Fachinhalte nicht, sie blieb Teil der allgemeinen pädagogischen Lehrerbildung, Publikationen stammten, wie auch bei Hahn, aus den Federn erfahrener Schulpraktiker. Bildungsreformen gaben den äußeren Anlass zu neuen Veröffentlichungen, so für die weit verbreiteten Publikationen von Frank (1930), Hahn (1927) und schließlich auch Wagenschein (1930). Abgesehen von Franks sehr konkret auf die zeitgebundene Schulpraxis bezogenen ‚Lehrgängen‘ – in heutiger

Terminologie: Unterrichtseinheiten – wurden viele pädagogisch orientierte Arbeiten schließlich während der Nazi-Diktatur unterdrückt, nach deren Ende jedoch um so lebhafter neu entdeckt. Sie gehören zu einem ganzen Konvolut von wieder aufgegriffenen didaktischen Theorieansätzen (unter dem älteren Stichwort ‚Methodik des Unterrichts‘; vgl. Hahn 1927/1955/1962) und naturwissenschaftlicher Bildungsreflexion. Die moderne explizite Fachdidaktik für Physik allerdings, ausgewiesen durch fachübergreifende psychologische und sozialwissenschaftliche Einflüsse, entwickelte sich seit den 1970er Jahren (vgl. Willer 2003: 215), institutionalisiert an pädagogischen Hochschulen und Universitäten. Wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung hatte die 1973 gegründete ‚Gesellschaft für Didaktik der Physik und Chemie‘. Ein erstes Dokument etwa bildet ihr Tagungsband einer Konferenz in Königstein ‚Zur Didaktik der Physik und Chemie – Probleme und Perspektiven – Vorträge auf – der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Königstein/Taunus September 1972 (GDCP 1973). Mit der Entfaltung von Didaktik als akademisch-pädagogischem Spezialgebiet verringerte sie sowohl die Kluft zu den allgemeineren Theorien der Naturwissenschaftsdidaktik als auch zur Didaktik anderer Fächer.

## **5.1 Historische Skizze**

Im Einzelnen wurde die ältere Fachdidaktik durch den dilemmatischen Gegensatz zwischen materialer versus formaler Bildung geprägt. Tendenziell befassten sich aber Diskussionsbeiträge beider ‚Schulen‘ mit der erforderlichen Auswahl des Lehrstoffs, da Physik als geschlossenes zu lernendes System beständig wuchs, ohne dass das Stundendeputat zunahm. Zum Schlagwort wurde die Aufgabe, Lehrpläne zu ‚verdichten‘ (vgl. Haarmann 1971), bevor Diskussionen um eine willkürliche Auswahl von Stoffteilen zur Begrenzung des Pensums begannen. Die Option, nur Ausschnitte aus dem vermeintlich unverzichtbaren Fachbestand zum Gegenstand des Unterrichts zu machen, rückte erst mit neuen pädagogischen Konzepten in Reichweite.

In verschiedenen Schulreformen schwankte die Bedeutungszumessung an die Naturwissenschaften und die Physik im Besonderen weiterhin zwischen deren Reduktion im Lehrplan und ihrer anteilmäßigen Verbreiterung. Die ‚Anhebung der Stundenzahl in

den gymnasialen Lehrplänen von 1882 und 1892“ (Albisetti / Lundgreen 1991: 264) setzte sich nicht allgemein durch. Das Motiv für erneute Verringerung lieferte weiterhin der Begriff ‚echter Bildung‘ im humanistischen Geist, zugleich aber auch politischer Konservatismus: Noch immer wirkte sich der seit der Französischen Revolution herrschende Verdacht konservativer Bildungstheoretiker aus, naturwissenschaftliche Erkenntnis befördere den politischen Umsturz. Die Ereignisse von 1848 schienen ihn bestätigt zu haben (vgl. Schmidt 1981: 6). Dagegen freilich stand wiederum der zunehmende Bedarf an zukünftigen Berufsgruppen des technischen Zeitalters, die „Bedeutung der naturwissenschaftlichen Bildung für den Aufbau eines Industriestaates“ (Schmidt 1981: 10).

Die Physik erlangte immerhin Reputationsgewinn gegenüber Biologie und Chemie, man bevorzugte „Physik, deren Bildungswert innerhalb der Naturwissenschaften am höchsten eingeschätzt und deren Unterricht an den drei höheren Schultypen [= humanistisches, neusprachliches und Realgymnasium] infolgedessen zunehmend mit vergleichbarer Intensität betrieben wurde“ (Albisetti / Lundgreen 1991: 264). Dieser Unterricht erfolgte jedoch erst von Obertertia an bis zur Prima (vgl. Albisetti / Lundgreen 1991: 265), er galt als Musterfach für das Erlernen naturwissenschaftlicher Weltbetrachtung und Methode, er profitierte von der – begrenzten – Aufwertung des Bildungsbegriffs um den Teilbereich Natur. Aus fachdidaktischer Sicht betrachtete man ihn jedoch weniger als Bildungsbeitrag denn als eine Propädeutik für das spätere Hochschulstudium künftiger Fachkräfte (vgl. Edelstein / Veith 2017: 1). In den Realgymnasien war das fachspezifische Stundendeputat mit genau dieser Argumentation höher als im humanistischen Zweig. In den diesbezüglichen Diskussionen finden sich pragmatische ‚Bedarfs‘-Einschätzungen, die auch heute noch kaum verändert vorgebracht werden.

Einen Einschnitt bildeten in der fachdidaktischen Konsolidierung der Fächer die „Meraner Vorschläge“ (Geiß 2013: 36) von 1905. Sie bewirkten – aus Anregungen der Lehrerfachverbände heraus und nicht aus akademischen Erwägungen – eine tiefgreifende Erneuerung der Unterrichtsmethoden. Das Auswendiglernen eines Lehrbuch-Systems wurde als der Entwicklung selbstständiger Individuen hinderlich erklärt – und letztlich als ohnehin undurchführbar. Anlässlich einer Konferenz in Meran beschlossen die führenden didaktischen akademischen Fachvertreter eine Empfehlung für die

naturwissenschaftlichen Fächer im zukünftigen Schulunterricht, beteiligt waren diesmal Vertreter der Mathematik. Die ‚Vorschläge‘ konsolidierten zu einer länderübergreifenden „Meraner Reform“, die das verstärkte „Heranziehung von Anwendungen“ (Biermann 2010: 293) nicht nur in den naturwissenschaftlichen Fächern, sondern auch in der Mathematik bis in die Bildungsverwaltungen hin durchsetzte. Diese Hinwendung zu einer anwendungsorientierten Präsentation des Stoffes schrieb zum ersten Mal gesellschaftliche und schüler-psychologische Elemente in der Didaktik fest.

Das sogenannte „utilitaristische Prinzip“ richtete die Unterrichtsperspektive auf die „umgebende Erscheinungswelt“ (Greefrath <sup>2</sup>2018: 9), was die naturwissenschaftlichen Fächer in allen Ansätzen der Naturbeobachtung bestärkte und von der rein abstrakten, mathematisierten Methode – vor allem in den niederen Klassenstufen – entfernte (vgl. Bruhn 1995: 69). Empfohlen wurden neue Aufgabentypen und die Form des „Arbeitsunterrichts“ (vgl. Hahn / Topfer 1962: 105ff.), der auf Eigenarbeit der Schüler zur beobachtenden und experimentellen Entdeckung von Zusammenhängen beruhte. Freilich ist die Eigenarbeit darin weit von Wagenscheins Vorstellung selbsttätiger Entdeckungsprozesse entfernt, sie vollzieht sich unter enger Anleitung der Lehrer. Obwohl dieser Praxisbezug argumentativ auf die Berufspropädeutik gestützt wurde, kann man aus der historischen Distanz sagen, dass hier Humboldts Idee vom ‚Selbstmachen‘ und ‚Nachahmen des Lehrers‘ erstmals im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Geltung kam.

Auch dabei ging es um einen Ausgleich zwischen Stoff- und Strukturlernen, in der „Meraner Reformbewegung wurde ein ausgewogeneres Verhältnis zwischen formaler und materieller [!] Bildung angeregt“ (Greefrath <sup>2</sup>2018: 9). Der Schritt vom beobachtenden Arbeitsunterricht zur Abstraktion erfolgte in der Popularisierung einer neuen Perspektive, die Schüler zur methodischen Eigenständigkeit führen sollte: „Zum Schlüsselbegriff der Meraner Reform wurde das funktionale Denken“ (Biermann 2010: 290). „Erste Ansätze einer engeren Bindung an den Funktionsbegriff lassen sich bereits wenige Jahre nach der Meraner Reform in der didaktischen Literatur finden“ (Spiegelhauer 2017: 32).

Funktionales Denken in mathematischen und mathematisierten Kontexten ist in der jüngeren Forschung auf der Basis lernpsychologischer Modelle analysiert worden (vgl.

u. a. Roth 200: 70ff.). Es stellt den Gedanken der Funktion, des Zusammenhangs zwischen abhängigen Ereignissen, in den Mittelpunkt. Damit werden zwei verschiedene Denkweisen gefordert:

Die kognitive Mathematik geht davon aus, dass das menschliche Gehirn über zwei Empfangsarten verfügt: eine für ‚Gleichheiten‘ (z. B. Ähnlichkeiten, Verwandtschaften) und eine für ‚Unterschiedlichkeiten‘ (z. B. Verkettung von mehreren Konstruktionsprozessen). Daraus leiten sich die Begriffe *prädikatives Denken* und *funktionales Denken* ab (Spiegelhauer 2017: 26).

Die Anwendung funktionalen Denkens galt als verallgemeinerbar in die Alltagswelt hinein (vgl. Heymann 1996: 248). Schüler sollten „Gesamtkonfigurationen erfassen und analysieren, Änderungsverhalten erfassen und beschreiben“ (Spiegelhauer 2017: 26). Deshalb wurde funktionales Denken als methodischer Beitrag von Mathematik und Naturwissenschaften zum allgemeinen Weltverständnis und damit der Allgemeinbildung gesehen.

Die Einführung von ‚Arbeitsunterricht‘ und die Orientierung am funktionalen Denken gebot, auch wenn es in den Unterrichtseinheiten die Fokussierung auf ausgewählte Beispiele verlangte, der curricularen Überfülle jedoch kaum Einhalt. Karl Hahns Monographie „Methodik des physikalischen Unterrichts“ (1927), maßgebliches Kompendium der Zeit, fasste die Ergebnisse der Reformen zusammen und bot zugleich einen Überblick über „Bildungsauftrag“, „Bildungsziele“ und stofflichen Inhalt des Physikunterrichts.<sup>4</sup> Das Werk wurde bis in die 1990er Jahre von verschiedenen Bearbeitern neu aufgelegt und gehörte mit den Ausgaben 1955 und 1962/63 zu den Physikdidaktiken, gegen die Wagenschein, ohne Namen zu nennen, Abgrenzung betrieb. Hervorzuheben ist hier, dass Hahn durchaus umfangreiche Kapitel über Bildung und Bildungsziele der Physik ausführt, dabei jedoch immer vom Staat ausgeht, der den Bildungsauftrag umzusetzen habe. Der Auftrag bestehe in der Vermittlung grundlegender

---

<sup>4</sup> Hahn setzte damit die didaktische Grundlagenarbeit Ernst Grimsehl's: „Didaktik und Methodik der Physik“ (1911) fort, dem er auch als Gymnasialdirektor in Hamburg nachfolgte.

Kenntnisse in zentralen Themenbereichen der Physik, die Hahn anschließend detailliert beschreibt und bei denen er dem älteren Systemkonzept treu bleibt. Der Ansatz ist nicht nur in der Tendenz obrigkeitstaatlich, sondern auch voller Prinzipien der materialen Bildungstradition. Gleichwohl unterscheidet Hahn die Notwendigkeit, ein physikalisches Weltbild für das zeitgemäße Kulturverständnis anzubieten von den pragmatischen Erfordernissen des Spezialistennachwuchses, doch münden beide Legitimationsargumente bei ihm letztlich in die Forderung, die Vorbereitung auf naturwissenschaftliche Hochschulstudien zu verbessern. Dies ist der Grund, aus dem heraus die geringe Stundenzahl selbst im mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasium beklagt wird (vgl. Hahn / Töpfer 1962: 40). Für Wagenschein hingegen ist das Fachdeputat als grundsätzliches Hindernis für physikalische Bildung überhaupt zu hinterfragen: „wie es in einer öffentlichen Schule bei 2 bis 3 Wochenstunden möglich sein soll [...] in die geistige Haltung einzuführen“ (Wagenschein 1932: 17)?

Nach 1933 traten massive Veränderungen in der Bildungsorganisation ein. Während didaktische Modifikationen in der Zeit der Weimarer Republik neben der Umsetzung der Meraner Vorschläge vor allem einen demokratischen Wandel zum Ziel hatten, griff die nationalsozialistische Politik tief in das traditionelle Schulwesen ein. Bildungsziele wie intellektuelle Selbstständigkeit und Eigenverantwortung wurden zugunsten einer ideologischen Kollektivierung abgeschafft. Die Eingriffe prägten die Schulpraxis, unabhängig davon, wie stark die Lehrerkollegien tatsächlich an die Ideologie zu glauben begannen. Es entstand ein Bruch, der nach 1945 vorwiegend verdrängt wurde. Viele jener didaktischen Diskussionsbeiträge, die sich nach der Niederlage um einen ‚neu‘ zu entwerfenden Bildungsbegriff bemühten, schlossen stillschweigend an den Stand zwischen 1900 und 1933 an. Materialiter ist dies an den Neuauflagen der Schriften Kerschensteiners, aber auch Grimsehs und Hahns nachzuvollziehen. Dies verlieh dem ‚Neubeginn‘ eine konservative Note, in die erst mit Klafki und seiner Generation in den späten 1960er Jahren eine Auseinandersetzung mit der nationalsozialistischen Schulideologie explizit wurde. Vergangenheitsbewältigung spielte in den Nachkriegsjahren ideell keine Rolle, auch Wagenschein spricht bis in seine späten Publikationen nur von der „hereingebrochene[n] Katastrophe“ (Wagenschein 1989: 55 und öfter).

Trotzdem sei ein kurzer Blick auf die Entwicklung des Schulfachs Physik in der nationalsozialistischen Zeit eingefügt. Immerhin grenzen sich die Nachkriegsdiskussionen – sei dies den Autoren bewusst oder nicht – durch einzelne Hinweise oder stillschweigende Implikationen davon ab. Durch eine Zentralisierung der Schulverwaltung war der Föderalismus unter dem Nationalsozialismus aufgehoben worden: „Die Schulverwaltung [...] wurde im Reichsministerium für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung zentralisiert“ (Edelstein / Veith 2017: 1). Die Unterwerfung des Physikunterrichts unter die ideologische Ausrichtung des Regimes konnte einerseits in Grenzen gehalten werden, wurde jedoch durch die Anwendungsbeispiele zunehmend zu einer Kriegs- und Waffenpropädeutik umgeprägt (vgl. Brämer 1981: 1). Neue „nationalsozialistischen Lehrpläne und Stundentafeln für die Höhere Schule“ (Brämer 1981: 9) fügten mit den völkischen auch Kriegsgedanken in die Curricula ein. Der 1933 unternommene Versuch des Fördervereins der Naturwissenschaftler und Ärzte, grundsätzlich „völkisch-rassistische Pseudowissenschaft“ als „deutsche Physik“ (Wehler 2003: 720) in den Stoff einzugliedern, scheiterte hingegen. Der Einfluss jener Interessengruppen, die weiterhin auf einer Propädeutik für Fachkräfte bestehen mussten, setzte sich durch: „Wehrmacht und Rüstungsindustrie garantierten der Schulphysik [...] deren so unentbehrliche fachliche (Schein-)Autonomie“ (Brämer 1981: 7). Dazu gehörten „die *Vermittlung systematischer und umfassender Stoffkenntnisse* über die Erscheinungen und Gesetze der Natur sowie die Verfahren und Theorien der Naturwissenschaft“ (Brämer 1981: 9). Dies entthob die Physik jedoch nicht völlig der martialischen Einbindung, unter den Praxisbeispielen „fällt eine ungewöhnliche *Betonung der Anwendungsseite* der Physik auf“ (Brämer 1981: 9). Diese Anwendungsgebiete wurden auch in der Öffentlichkeit mit den Schlagwörtern „Flug- und Wehrphysik“ bezeichnet (vgl. Brämer 1981: 8).

In Reaktion auf die sogenannte „Katastrophe“ wurde „[n]icht nur alles Militärische, sondern auch jegliches wirtschaftliche Nützlichkeitsdenken [...] aus den naturwissenschaftlichen Nachkriegslehrplänen verbannt“ (Brämer 1981: 11). Diese Formulierung ist insofern überspitzt, als durch die hohen Kriegsverluste der jüngeren Jahrgangskohorten hoher Bedarf an zukünftigen Fachkräften bestand, der einen propädeutischen Utilitarismus nahelegte. Zugleich weist die „im Jahre 1945 mit Recht

erhobene Forderung nach Leistungssteigerung“ („Tübinger Protokoll“; vgl. Wagenschein 1951: 2) auf den geringen Leistungsstand der Höheren Schulen im Lauf des Krieges hin. Die Distanzierung von einer militaristischen Schulbildung führte zurück zu Fragen der allgemeinbildenden Funktion auch der Physik. Nicht nur mit Bezug zu Theodor Litts Publikationen, auch zu der unverändert wieder aufgelegten Monographie Kerschensteiners (1952-1963) wurde das Thema aufgegriffen. Aus der Reihe der zahlreichen einschlägigen Veröffentlichungen sei im Folgenden auf Edgar Hungers „Die Bildungsfunktion des Physikunterrichtes“ (1959) exemplarisch eingegangen, die die Nachkriegsdiskussion zusammenfasst.

Die Gegenstandsbestimmung, mit der Physik gleichzeitig in ein allgemeines Interesse an der Welt integriert wird, richtet sich bei Hunger als Erstes auf einen Naturbegriff: „Die Welt, deren Verständnis der Mensch seit jeher erstrebte, war schon immer die Natur, die Welt der unmittelbaren Sinneseindrücke“ (Hunger 1959: 16). „Natur“ wird in dieser Aussage nur bestimmt als etwas, was sinnlich wahrgenommen werden kann. Natur ist für Hunger also eigentlich Oberfläche wie andere Gegenstände auch. Naturwissenschaften nehmen unter dieser Voraussetzung bei der Welterschließung einen Platz neben anderen kulturellen Systemen ein, die gemeinsam den Menschen ins Verhältnis zu Erscheinungen der Welt setzen, in ein „Gegenübertreten, um sie in rechter Weise in den Blick zu bekommen. Das geschah im Mythos, in der Kunst und in der Wissenschaft“ (Hunger 1959: 16). Alle drei Medien abstrahieren die ‚unmittelbaren Sinneseindrücke‘ in einer ihnen jeweils eigenen Symbolik. Für die Physik bezieht sich Hunger auf die Feststellung Heinrich Hertz’, diese konstituiere eine Symbolwelt (Hunger 1959: 19 mit Bezug auf Hertz 1894), Mythos, Kunst und Wissenschaft führt er weiterhin auf gemeinsame symbolische Grundlagen zurück, vor allem auf das Symbolsystem der Sprache (im Anschluss an Cassirers „Philosophie der symbolischen Formen“; vgl. Hunger 1959: 16ff.). Die „Bildwelt der Sprache“ integriere naturwissenschaftliche Symbolik, Naturwissenschaft sei nicht durch ihren Gegenstand Natur als etwas Besonderes ausgewiesen:

Die Naturwissenschaften könnten ihr gegenüber niemals mit irgendwelchen Gleichberechtigungsansprüchen auftreten, wenn sie ihre Bedeutung im Raume der

Bildung nur dadurch aufweisen wollten, daß sie Realienfächer darstellen, die der Wirklichkeit unmittelbar zugewandt sind (Hunger 1959: 21).

Mit diesem Bezug auf eine verallgemeinerte Symbolebene gliedert Hunger auch Physik in einen allgemeinen Bildungsbegriff ein, der von der Erlernung der Symbolsysteme geprägt sei. Es sei ein Defizit, dass der Standpunkt der ‚Realienfächer‘ lange vertreten worden sei. Damit wird auch die Physik zum Bestandteil einer umfassenden kulturellen Symbolik erklärt, die sie nicht mehr als ‚Spezialistengebiet‘ (der Fachkräfte) abgrenzt, sondern sie zu einem Bildungsgegenstand erhebt, der gleichberechtigt neben den anderen Bereichen steht. Diese Position führt in der weiteren Entwicklung der fachdidaktischen Diskussion unter anderem zu einer stärkeren Berücksichtigung der sprachlichen Voraussetzungen des Physiklernens.

Bei der Gegenstandsbestimmung als Natur bleibt Hunger jedoch nicht stehen. Im Gegensatz zu Litt, der von einem Naturbegriff ausgeht und die technische Zivilisation nur als eine Art domestizierte Natur versteht („die Relation ‚Mittel – Zweck‘ ist die ins Praktische transponierte Relation ‚Ursache – Wirkung‘; Litt 1952: 31), sieht Hunger eine Substitution der natürlichen Umwelt durch Technik:

Die Technik hat den Menschen aus seinen natürlichen Bindungen gelöst und ihn in eine neue, ja völlig neuartige Form der Bindung hineingeführt. Sie ist für den Menschen geradezu zur Umwelt geworden (Hunger 1959: 25).

Auf einer vergleichbaren Basis steht in der aktuellen Physikdidaktik die häufige Ausrichtung des Physikunterrichts auf technische Beispiele, vor allem auf solche, in denen die gesellschaftliche Funktion von Technik mit reflektiert wird. Dieser Schritt bedeutet eine deutliche Entfernung vom ‚Natur‘- als Leitbegriff der Physik.

Auch für Hunger sind Unterrichtsziele von Bedeutung, die die Einbettung physikalischen Wissens in allgemeinbildende Funktionszusammenhänge betonen: Er nennt neben der Erkenntnis des systematischen Zusammenhangs der Physik Einsicht in ihre Methoden, darüber hinaus aber auch „allgemeine philosophische Ziele, deren Inhalt etwa Themen wie Physik und Ethik, Physik und Religion, Physik und Weltanschauung sind“, sowie geisteswissenschaftliche und „menschenbildende Ziele, bei denen es letzten Endes um

das Problem der Standortbestimmung geht“ (Hunger 1959; 35f.). Während Kerschensteiner die fehlende Dimension des ‚Sollens‘, der moralischen Erziehung, in den Naturwissenschaften grundsätzlich festgestellt hatte und auch Litt das „persönliche Menschentum“ (Litt 1952: 96) ausgeschlossen sah, führte Klafki im Konzept der kategorialen Bildung beide Seiten wieder näher zusammen, ohne sich auf „allgemeine philosophische Ziele“ wie Hunger beschränken zu müssen. Seit Klafkis Konzeptionalisierung gilt die Kluft als didaktisch überwindbar im „Erschlossensein einer dinglichen und geistigen Wirklichkeit für einen Menschen“ (Klafki 1963: 43).

## 5.2 Physikdidaktik der Gegenwart

Im derzeit gewichtigsten Kompendium zur Physikdidaktik, Kircher, Girwidz und Häußlers „Physikdidaktik. Theorie und Praxis“ (2009) werden „Dimensionen“ des Physikunterrichts in Kategorien aufgeteilt: Eine „physikalische“, eine „gesellschaftliche“ und eine „pädagogische“. Die seit den Bildungsreformen der 1960er Jahre ausgefaltete didaktische Ausrichtung zeichnet sich in allen genannten Bereichen ab. Es ist nicht mehr ‚die Physik‘ oder ‚die Naturwissenschaft‘, über die gesprochen wird, sondern es sind deren Schnittstellen mit dem Unterrichtsgeschehen und der Lebenswelt der Lernenden, die fortan im Mittelpunkt stehen.

Die Bedeutung von Physik für das gesellschaftliche Bewusstsein, die Öffentlichkeit, basiert unzweideutig auf dem Fortschritt der Technik, die das öffentliche Leben beherrscht: „Die gesellschaftliche Dimension des Physikunterrichts befasst sich im engeren Sinne mit technischen Anwendungen der Naturwissenschaften und ihren Auswirkungen auf die Menschen“ (Kircher 2009: 71). Die Dimension des Fachunterrichts beansprucht jedoch keine allgemeine gesellschaftskritische Haltung, ihre Ausrichtung bezieht sich „insbesondere auf die Schüler. Dazu ist es zunächst nötig, Objektstrukturen der technischen Gesellschaft kennen zu lernen, zu bedienen, zu beherrschen“ (Kircher 2009: 71). Der Physikunterricht überschneidet sich in dieser Hinsicht mit sozialkundlichen Themenbereichen.

Der eigentliche Fachgegenstand der Physik, die ‚physikalische Dimension‘, erscheint in der zusammenfassenden Darstellung Kirchers recht distanziert, er stellt sich dar als

methodisches und abstraktes Gedankenfeld: „Zur begrifflichen Struktur der Physik zählen nicht nur *Axiome, Definitionen, Gesetze, Theorien, Basisgrößen, Naturkonstanten*, sondern auch *mathematische Theorien, protophysikalische und umgangssprachliche Begriffe*“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 70). Erscheinungen ‚der Natur‘ treten in dieser Aufzählung nur mittelbar auf, auch gegenüber der ‚pädagogischen Dimension‘ sind sie nachrangig. Die Beziehung des Fachinhaltes zu den Lernenden wird durch pädagogische Verfahren näher bestimmt: „Durch die kategoriale didaktische Bedeutung von ‚Umgang‘ und ‚Begegnung‘ wird das auf den ersten Blick anscheinend Methodische zur *pädagogischen Dimension, der Priorität vor der physikalischen und der gesellschaftlichen Dimension zukommt*“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 69).

### 5.2.1 Gegenstandsbestimmung

Die Differenz zwischen dem pädagogisch eingehüllten Gegenstand des Physikunterrichts und der in Wagenscheins Vorschlägen sehr viel direkteren Beziehung der Lernenden zum physikalischen Gegenstand wird weiter unten zu reflektieren sein. Hier sei die Gegenstandsbeschreibung der aktuellen Fachdidaktik zunächst hervorgehoben: Kircher beginnt die Bestimmung von ‚Physik‘ mit dem lapidaren Satz „Physik ist, was die Physiker tun“ (Kircher <sup>2</sup>2009b: 4). Gerichtet ist die Definition an Personen, die eine akademische Ausbildung im Fach durchlaufen (haben). Eine nachfolgende interne Differenzierung des Bedeutungsumfangs unterscheidet zwischen theoretischer und experimenteller Physik. Im Vergleich mit den älteren Fachdidaktiken verschwindet der Gegenstand ‚Natur‘ nicht nur hinter gesellschaftlicher Relevanz der Technik und pädagogischer Hinwendung zu den Lernenden, sondern auch hinter einer Inszenierung der wissenschaftlichen Physik.

Wagenschein hat an vielen Stellen seiner Schriften angemerkt, dass es ungünstig sei, das Fach, seine Institutionen und alle ihre Einrichtungen in den Mittelpunkt zu stellen:

„Welche Vorstellungen und Begriffe, welche Stimmungen steigen in den Menschen unserer Zeit auf, wenn sie das Wort ‚Physik‘ hören?“ – Sie „fühlen sich in den Bereich der Technik versetzt, in eine Art Vorraum“, sie „[s]ehen Apparate vor sich [...] zauberhaft funkelnde, Wunder und Kunststücke bergende, oder: grau verstaubte Quälinstrumente“ (Wagenschein [1953]: 12).

Nun mag diese Beschreibung auf jene Fachpersonen nicht zutreffen, an die sich Kirchers Einführung richtet – die gegenwärtigen und zukünftigen Lehrpersonen –, doch sie verweist auf wenig einladende Bedeutungsimplicationen, die in der Öffentlichkeit – und damit auch bei Schülern – heute weiterhin verbreitet sein dürften.

Wenn also Physiklehrer bei der selbstreferenziellen Nominaldefinition stehen bleiben, Physik sei etwas von und für Physiker, werden sie bei ihrem Publikum vielleicht geringe Anteilnahme finden. Die von Wagenschein genannten Einstellungen könnten sich beim Publikum weiterhin auswirken: Die Einen erwarten eine Art Zauberschau (wie sie bei Tagen der offenen Tür in Gymnasien und Physikalischen Instituten ja tatsächlich inszeniert wird), die anderen wenden sich innerlich ab von einem im Gedächtnis emotional negativ besetzten Gegenstand. Der Ruf des Faches ist ohnehin nicht überall gut, für viele gelten, aus aktueller Erfahrung oder aus der Erinnerung heraus, „Physiklehrer als streng, und Physik lernen [als] schwierig“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 54). Im Übergang zu Physikunterricht, wenn also Schüler unter diesen Voraussetzungen mit Physik konfrontiert werden, könnte dies bedeuten, dass die Ersteren enttäuscht sind, sobald es nicht mehr um den Konsum hübscher Vorführungen geht, und dass die Letzteren sich schon am Anfang abgewiesen fühlen und noch weiter in sich zurückziehen. Es bleibt zu hoffen, dass Physikunterricht in Schulen nicht immer unter diesen Vorzeichen steht.

Wagenschein stellte ein anderes Credo über alle Bemühungen. Er betonte, möglichst ohne den Terminus ‚Physik‘ zu oft zu gebrauchen, „daß ihr großer Gegenstand immer nur die Natur war und es auch heute geblieben ist“ (Wagenschein 1953: 12). Auch die oben zitierten Theoretiker stellen stets den Begriff ‚Natur‘ als Gegenstand des Faches voran, in der festen Überzeugung, dass Natur da ist, da sein und völlig unbeirrt fortwirken wird, was immer Menschen auch davon halten mögen. Physik aber sei eine Betrachtungsweise der Natur unter vielen möglichen anderen. Wenn im Folgenden zeitgenössische Didaktikkonzepte zum Physikunterricht skizziert werden, soll dabei auch die Frage gestellt werden, wo und in welcher Form darin ‚Natur‘ als Gegenstand der Physik dargestellt wird. Diese Perspektive mag in der Gegenwart unüblich sein, muss aber verfolgt werden, wenn im Anschluss der Vergleich mit Wagenscheins Auffassungen erfolgen soll.

In Gebhard, Höttecke und Rehms aktuellem Studienbuch „Pädagogik der Naturwissenschaften“ (2017) kommt der Gegenstand ‚Natur‘ ebenfalls nicht an herausragender Stelle vor. Obwohl sich die Autoren auf Wagenschein als „einzigen großen Pädagogen“ (Gebhard et al. 2017: 1) der Naturwissenschaften berufen, greifen sie diesen Aspekt seiner Vorträge nicht auf. Sie klassifizieren Wagenschein als Pädagogen und verstehen den Titel seines Buches „Die Pädagogische Dimension der Physik“ (1965) als ‚Pädagogik der Physik‘ und nicht als Hinweis darauf, dass ein Fach zwar als Unterrichtsfach eine pädagogische Seite habe, jedoch beileibe nicht durch diese ‚Dimension‘ hinreichend bestimmt sei. Dies gilt im Hinblick auf den fachlichen Gegenstand, die interne Fachstruktur und auch für die gesellschaftliche Bedeutung.

Statt des Gegenstandes stellen die Autoren die Bildungsfunktion des Unterrichts in den Mittelpunkt: Der Physikunterricht solle „einen Möglichkeitsraum eröffnen, um Beiträge zur Selbstaufklärung und Selbstfindung zu leisten und zugleich einen Anstoß zu moralischer Reflexivität zu geben“ (Gebhard et al. 2017: 1). Natur oder Teile von ihr, kommen einführend nicht zur Sprache, die Selbstbezüglichkeit der Lernenden ist den stofflichen Elementen vorausgesetzt. „Selbstaufklärung und Selbstfindung“ sind allerdings keine Spezifika einer naturwissenschaftlichen Didaktik, sondern allgemeine Grundsätze des Unterrichts in allen Fächern.

Deutlich ist der Rekurs auf Klafkis Konzept der gesellschaftlichen Schlüsselproblem und der kategorialen Bildung zu erkennen, doch der Bezug zum Gegenstand Natur fällt durch das Raster. Dies ist eine Perspektivenverschiebung, die sich aus einer einseitigen Lektüre der zu ihrer Entstehungszeit kritischen Pädagogik Klafkis ergibt. Während Klafki den Gegenstand Natur und die lebensbestimmende Bedeutung der Natur für den Menschen selbstverständlich unterstellte, betonte er die sozialetische Bewertung als neues Bildungselement in einem naturwissenschaftlichen Zeitalter. Dabei ist freilich der Kontext zu bedenken, zur Zeit von Klafkis Ausarbeitungen stand die Bewältigung der nationalsozialistischen Vergangenheit noch bevor, im vorliegenden Fall vor allem als methodisch angeleitete Zurückweisung der ‚Flug- und Wehrphysik‘. Auch gegen derartige Vereinnahmungen der Naturwissenschaften richtete sich wohl – auch wenn dies nicht ausdrücklich gesagt wird – der Bezug auf gesellschaftliche Verantwortung.

Die Integration moralischer Gesichtspunkte in den naturwissenschaftlichen Unterricht behebt bis zu einem gewissen Grad die Defizite, die Kerschensteiner, Dilthey, Litt und andere festgestellt hatten, lenkt aber zugleich vom eigentlichen Ziel ab, eine Betrachtung der Natur zu erlernen, die in wissenschaftliche Methode münden soll. Ähnlich wie bei Kircher erscheint Naturwissenschaft bei Gebhard, Höttecke und Rehm als institutionalisierte Fachangelegenheit: „Demnach zeichnen sich Naturwissenschaften durch erklärende Theorien (z. B. Evolution, Gravitation), die bedeutende Rolle von Konzepten (z. B. Atombindung, Magnetpol, Gen), das Feststellen empirischer Regelmäßigkeiten (Gesetze, Regeln) und ihre empirische Basis (Beobachtung, Experiment, Evidenz) aus“ (Gebhard et al. 2017: 7f.). So unbestreitbar richtig dies ist, markiert es in einer Einleitung zu einem didaktischen Lehrbuch doch eine Ausgangsposition, die wiederum die Konnotation „grau verstaubte[r] Quälinstrumente“ (Wagenschein 1953: 12) mit sich bringt.

Verbindung zur Lebens- oder Erfahrungswelt, der nicht von Beginn an ein methodisierendes Raster übergestülpt wird, besteht hauptsächlich bei der Frage nach naturwissenschaftlicher Berufstätigkeit. Wie seit dem Ende des 19. Jahrhunderts durchgängig vorgetragen, bedürfe es der Fachkräfte, um eine hochtechnisierte und naturwissenschaftlich fundierte Lebensumgebung beherrschen zu können. Die Absicht, Lernenden einen Anschluss an ihre Lebensumgebung zu vermitteln, verstärkt die technische Perspektive. Die Didaktik greift dies als treibendes Motiv auf, leidet dabei aber an dem allseits bekannten Hemmnis schülerischer Distanz: „Die Fächer Physik und Chemie sind unter Schülerinnen und Schülern nicht beliebt“ (Gebhard et al. 2017: 3).

Dieser scheinbar wie selbstverständlich hingenommenen resignativen Betrachtung steht die Forderung nach späteren Spezialisten gegenüber und damit die implizite Aufgabe, die Hürde zu überwinden. Mit der Vervollkommnung umfassender Bildung hat das wenig zu tun. Man pflegt

die Hoffnung, dass nur, wenn Jugendliche sich in ausreichendem Maße für die sogenannten MINT-Fächer interessieren, positive Erfahrungen sammeln und erste Kompetenzen aufbauen, auch der Mangel an MINT-Fachkräften in der Wirtschaft beseitigt werden kann (Gebhard et al. 2017: 3).

Dieser Bedarf ist nicht an bestimmte Gesellschaftsformen gebunden, „[e]s herrscht weltweit Übereinstimmung, dass unsere Gesellschaften, unabhängig von kulturellen Unterschieden, naturwissenschaftlich gebildete Bürger brauchen“ (Gräber / Nentwig 2002: 7). Die Vorbereitung von Fachkräften zu leisten, ist weit von dem im selben Buch postulierten Bildungsauftrag entfernt („Naturwissenschaftlicher Unterricht verpflichtet sich somit einem Allgemeinbildungskonzept“; Gebhard et al. 2017: 1), der Bildungsbegriff also einerseits im Sinne der älteren Theoretiker zwar thematisiert, andererseits jedoch einer pragmatischen Orientierung unterworfen. Diese gewinnt in verschiedenen Argumentationen zur naturwissenschaftlichen Fachdidaktik die Oberhand, der Bildungsbegriff wird eingeschränkt auf die „Verfügbarkeit von Wissensbeständen“ (Gräber / Nentwig 2002: 7) und ‚Verfügbarkeit‘ richtet sich auf Anwendung. Ein an der anglo-amerikanischen Didaktik orientiertes Konzept zielt in diesem Sinne auf naturwissenschaftliche ‚Literacy‘, was als „pragmatisch“ im Vergleich zum abstrakten Bildungsbegriff (vgl. Fischler / Gebhard / Rehm 2018: 13) begriffen werden kann. Die umfassende Bildung der Menschen tritt unter vielen didaktischen Perspektiven des Pragmatismus zurück.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass das konstatierte Desinteresse von Schülern an naturwissenschaftlichen Fächern nicht zu der Frage nach persönlichen und gesellschaftlichen Gründen führt, ausgenommen abstrakte lernpsychologische Ansätze (vgl. Gebhard et al. 2017: 125ff.). Die älteren Didaktiker haben den Grad des Schülerinteresses für das eine oder andere Fach in ihren Entwürfen kaum einmal erwähnt, ausgenommen die allgemeine Erfahrung, dass mit unterschiedlichen Begabungen auch unterschiedliche Interessenschwerpunkte entstehen und sich Lernerfolg einstellt. Diese Erfahrung wird heute in einem populären Sinn geteilt. Darüber hinaus wurde traditionell vermittelt, dass der curriculare Stoff halt gelernt werden müsse, nicht selten mit dem Zusatz, mit „allen Beschwerden“ (Kerschensteiner <sup>4</sup>1952: 187), die dies mit sich bringe.

Solange Geisteswissenschaften den Kanon des Bildungsgutes anführten, mag eine distanzierte Haltung gegenüber den Naturwissenschaften durch deren geringeres öffentliches Renommee motiviert gewesen sein (und sei es un- oder unterbewusst). Diese Begründung müsste jedoch gegenwärtig nachlassen oder längst nachgelassen haben. Und „weil Naturwissenschaften wesentliche Errungenschaften unserer Kultur sind“ (Gräber /

Nentwig 2002: 9) sollte eigentlich ein entsprechendes stillschweigendes Interesse an ihren Gegenständen Verbreitung gefunden haben. Da Physik in der Didaktik vorrangig mit Technik verbunden wird, sollten eigentlich zahllose technische Errungenschaften zu einem nachhaltigen Interesse an Physik führen. Dem ist aber nicht so – dieses Problem wird bei der Diskussion von Wagenscheins Standpunkt wieder aufzugreifen sein.

### **5.2.2 Bildungsstandard und Kompetenzmodell**

Die curriculare Planung seitens der Bildungspolitik und -verwaltung trägt den diversifizierten Anforderungen der didaktischen Theorieelemente Rechnung. Für jedes Fach werden Bildungsstandards vorgegeben, die aus Theorie und Unterrichtserfahrungen gleichermaßen abgeleitet sind. Die Bildungsstandards haben zwei Orientierungsbereiche: Zum einen diejenigen Wissens Elemente, die als unumgängliches Grundlagenwissen im Fach aufgefasst und als ‚herkömmliche‘ Inhalte tradiert werden, zum anderen deren Einbettung in die schülerseitigen und gesellschaftlichen Bedürfnisse, soweit diese von den didaktischen Konzepten nahegelegt werden:

Die Standards zu ‚Fachwissen‘ und ‚Erkenntnisgewinnung‘ entsprechen herkömmlichen Zielen des Physikunterrichts [...]. Verglichen mit herkömmlichen Lehrplänen wird den Kompetenzbereichen ‚Kommunikation‘ und ‚Bewertung‘ eine größere Bedeutung zugeschrieben (Kircher <sup>2</sup>2009a: 103).

Bildungsziele in Physik waren auch schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts formuliert worden, sie wurden vor allem auf „Selbstzucht“, „Beobachtungsgabe“ und „logische Schulung des Verstandes“ sowie „Sinn für die Wirklichkeit, die klare, sichere, fest auf dem Tatsächlichen fußende Einsicht“ (Hahn 1927: 33-35) ausgerichtet: „Im K ö n n e n vereinigt sich das Ziel der formalen Bildung mit dem inhaltlichen Ziel. Es stellt einen Höhepunkt des Unterrichtserfolges dar“ (Hahn 1927: 36). ‚Können‘ als übergeordneter Begriff ist mit einem allgemein gehaltenen Kompetenzbegriff heutiger Prägung vergleichbar. Der Grad, bis zu dem die Ziele im Physikunterricht von den Schülern erreicht wurden, wurde durch die Schulprüfungen festgestellt.

Diesbezüglich hat sich die didaktische Erfolgsmessung weiter entwickelt. Bildungsstandards auf der Ebene des Bundes dienen „der vergleichenden Messbarkeit

(vgl. Klieme et al. 2009: 55) und somit einer „Qualitätssicherung“ (Klieme et al. 2009: 90) über die Grenzen der Bildungshoheit der Länder hinweg. Sie sollen sichern, „über welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler am Ende eines Ausbildungsabschnitts verfügen“ (Reiss / Ufer <sup>4</sup>2018: 252). Zugleich definieren sie, was fachlicherseits zu „grundlegender Allgemeinbildung“ (Klieme et al. 2009: 55) gehört, um „Basisfähigkeiten im Bildungssystem zu generalisieren“ (Klieme et al. 2009: 56).

Um des alten Problems der Stofffülle Herr zu werden, wird die Zusammenstellung der Lehrinhalte nicht mehr nach einem inhaltlichen Systemkatalog (Kanon) bestimmt, sondern nach deren aktueller und einer prognostizierten zukünftigen Bedeutung ausgewählt. Diese Bedeutung geht nicht nur aus gesellschaftlichen Anforderungen hervor, sondern auch aus persönlichen Dispositionen der Lernenden. Deshalb werden in die didaktische Analyse möglicher Themen deren Lebensbedingungen einbezogen, die „Alltagsvorstellungen, Interessen, Motive, Einstellungen, Handlungen der Jugendlichen“ (<sup>2</sup>2009a: 84). Schematisch lässt sich das Verhältnis von Stoff, Beitrag zur Bildung und Lebensbezug im Überblick darstellen:

	Bildungsgehalt	
Gegenwartsbedeutung aus Schülersicht	<i>Didaktische Analyse</i>	Zukunftsbedeutung aus Schülersicht
	Innere Struktur des Themas	

Abb. 6: Quelle: Kircher <sup>2</sup>2009a: 80

Die vier Felder werden wie folgt konzeptionell gefüllt: Da es im vorliegenden Text um den Physikunterricht geht, sei mit dem Fachbestand begonnen, auch wenn dieser in der Erläuterung erst als vierter Punkt abgehandelt wird. Dies mag einen Grund darin haben, dass jene materialen Grundkenntnisse, die im Fach Physik erworben werden sollten, letztlich unstrittig sind. Noch einmal mit Seitenblick auf Wagenscheins Zugriff auf naturwissenschaftliche Didaktik ist jedoch festzuhalten, dass dessen *medias in res-*

Lehrkonzepte aktuell durch die allgemein-didaktische und gesellschaftspolitische ‚Dimension‘ verdrängt werden. Die „innere Struktur des Themas“ bleibt nachgeordnet, sie wird zudem als „Thema“ und nicht als ‚Gegenstand‘ oder ‚Stoff‘ bezeichnet. Als „Thema“ bildet sie, semantisch gesehen, einen weit gespannten Kontext. Expliziert wird dieser Bereich als

Festlegungen (zum Beispiel die Grundgrößen, abgeleiteten Größen, Definitionen) und empirische Befunde (z. B. physikalische Gesetze, Naturkonstanten und Materialkonstanten), [...] Integration und Zusammenfassung von Begriffen in Gesetze, von Gesetzen in Theorien, von Theorien in umfassende physikalische Weltbilder (das „Teilchen-“ bzw. das „Wellenbild“) (Kircher <sup>2</sup>2009a: 86).

Erst danach erfolgt jene Konkretisierung, von der die oben zitierten Theorien zum Bildungsbeitrag bezüglich der Naturwissenschaften immer ausgehen: „Die natürliche und technische Umwelt begreifen (Phänomene: Regenbogen, Gewitter, Sonnenfinsternis; Elektromotor, Steuerungen und Regelungen.)“ (Kircher <sup>2</sup>2009a: 87). Im Vordergrund der didaktischen Analyse physikalischer „Themen“ steht „Der allgemeine Sinn oder Bildungsgehalt“ (Kircher <sup>2</sup>2009a: 84), der den weiteren Kontext einschließt, „die wichtigsten Motive, die allgemeinen Strukturen, die ethischen und die fachimmanenten Grenzen, die wesentlichsten Auswirkungen der Physik“ (Kircher <sup>2</sup>2009a: 84). Mit Bezug auf Bildungsstandards werden inhaltlich unverzichtbare „Kerncurricula“ empfohlen (vgl. Klieme et al. 2009: 94), die jedoch „lehrplantechnisch und -theoretisch gedacht, sowohl offen für die fachinterne Vertiefung als auch für die Erweiterung durch andere Fächer und für die thematische Koppelung von Lehrgegenständen“ (Klieme et al. 2009: 97) bleiben. Inhalte werden auf Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung für die Schüler ausgerichtet, weil sie „Weltsichten und Lebensstile beeinflussen“ und somit zu den „anthropogenen“ und „soziokulturellen“ Voraussetzungen des Unterrichts“ (Kircher <sup>2</sup>2009a: 85) gehören – oder zumindest beitragen.

Physikunterricht wird unter diesen Bedingungen gegenwartsspezifisch (historisch) gestaltet, seine Stoffelemente sollen den in einem begrenzten geschichtlichen Abschnitt (bezogen auf die Lebensspanne einer Schülergeneration) herrschenden Kontextbedingungen angepasst werden. Damit ist die Einsicht der älteren Theorien, dass Naturwissenschaften den Versuch darstellen, die komplexen Wirkungszusammenhänge

einer Gegebenheit ‚Natur‘ überhistorisch zu beschreiben und systematisch zu erfassen tendenziell verabschiedet. Natur als Existenzgrundlage der Menschheit, die selbst ein Teil dieser Natur ist, wird ihrer langfristigen Entwicklung entkleidet – wobei sich ‚langfristig‘ vergleichend auf die kurzen Zeitabschnitte der Menschheitsgeschichte bezieht. Zugleich versucht die Einbindung in alltagsrelevante Zusammenhänge, das der Natur fremd „Gegenübertreten“ (Hunger 1959: 16) ins Vertraute zu wenden.

Ein zweiter Blick auf die von Kircher genannten Beispiele, die im Physikunterricht als lebensrelevant für die Schüler genannt werden, mag die Entfernung von einem Begriff der ‚langfristigen Natur‘ noch einmal verdeutlichen: Die „Phänomene: Regenbogen, Gewitter, Sonnenfinsternis; Elektromotor“ sind unbestreitbar wichtige Gegenstände, die im Physikunterricht behandelt zu werden verdienen. Sie unterscheiden sich auf der Basis ihrer Herkunft und Funktionsweise. „Regenbogen, Gewitter, Sonnenfinsternis“ werden als natürliche Umwelt beschrieben, der Elektromotor als technische. Auch wenn sie gleichermaßen Phänomen im Wortsinn sind: Dinge, die sich beobachten lassen und die daher im Unterricht als Beobachtungsgrundlage dienen können, so ist der Elektromotor doch kein ursprüngliches (weil natürliches) Phänomen, sondern eine Konstruktion, die aus Ableitungen aus der Naturbeobachtung hervorgegangen ist. „Regenbogen, Gewitter, Sonnenfinsternis“ sind Erscheinungsformen unbeeinflussbarer natürlicher Kräfte, die technische Anwendung deren Domestizierung in einem begrenzten Bereich.

Die Beispiele, die angegeben werden, zielen deutlich auf eine Alltagswelt. Für Kircher ist beispielsweise die Bewegung von Kraftfahrzeugen ein wesentliches Anwendungsfeld: „Kinematik“ und „Dynamik“ „können zusätzlich zu den physikalischen Begriffen „Geschwindigkeit“ und „Beschleunigung“ dazu dienen, „über die Kräfte beim Abbremsen oder bei Kurvenfahrten, über den Bremsweg, neue Einsichten über sinnvolles Verhalten im Straßenverkehr [...] zur größeren Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer“ (Kircher <sup>2</sup>2009a: 86) zu gewinnen.

Damit führt die Einbettung in den Kontext tatsächlich in ein alltagsbezogenes Diskussionsfeld (welches allerdings nur mittelbar in den Erfahrungsbereich von Lernenden fällt, da diese selbst erst am Beginn ihrer Verkehrsteilnahme stehen). Zu bedenken wäre hierbei nicht nur, dass der physikalische Stoff einer sozialkundlichen Fragestellung dienstbar gemacht wird, sondern auch, dass die gesamte Komplexität der

Kraftfahrzeug- und Verkehrstechnik trivialisiert werden muss, um als oberflächliches Exempel verwendet zu werden. Es wäre zu fragen, ob auf diesem Weg eine souveräne – das soll heißen: selbstständige und methodisch geleitete – Kenntnis physikalischer Grundgesetze überhaupt vermittelt oder vertieft werden kann. Die Erfahrung der Schülerinnen und Schüler, dass sie Einblick in Instrumente erhalten, mit deren Hilfe sie in geläufige Für- und Widergeplänkel öffentlicher Diskussionen Positionen einnehmen können, wird nicht unbedingt ihre Einsicht befördern, dass es sich bei Physik ebenso um die ‚Mutter aller Technik‘ handelt wie um eine symbolische Beschreibung wesentlicher Existenzgrundlagen des Menschen überhaupt.

Um in den komplexen Kontexten didaktische Orientierung zu geben, können ‚Themen‘ des Unterrichts verschiedenen Zielen nach näher bestimmt werden. Dieses analytische Vorgehen folgt einem abstrakten Modell, in dem Lernziele eng und weit gefasst werden, also unverzichtbare kleinräumige und kontextbezogene größere Zielbereiche festlegen. „Bildungsziele und schulische Arbeit werden als Antworten auf gesellschaftliche Probleme verstanden, aber auch als angemessene Reaktion auf den technologischen Wandel oder auf die Veralterung des Wissens und den rapiden Zuwachs an Technologien“ (Klieme et al. 2009: 60).

Bildungsstandards der jeweiligen Klassenstufen fassen Ziele und Kompetenzen zusammen, die unter anderem in den Lehrplänen der Bundesländer vorgegeben werden. Darin werden grob vorstrukturierte fachinhaltliche Bereiche angeregt, die von der konkreten Unterrichtsplanung im Einzelnen auszugestalten sind. Die folgende Tabelle gibt den Einstiegsbereich für die Sekundarstufe I im Land Rheinland-Pfalz wieder:

Abkürzungen: TF - Themenfeld, NaWi - Fach Naturwissenschaften der Orientierungsstufe,  
Basiskonzepte: WW - Wechselwirkung, EN - Energie, MA - Materie, SY - System

	1	2	3	4
<b>1. Lernjahr</b>	<b>Akustische Phänomene</b>	<b>Optische Phänomene</b>	<b>Thermische Ausdehnung in Experiment und Modell</b>	<b>Dynamische Phänomene</b>
	Zum Einstieg in die Wissenschaft Physik	Zum mannigfaltigen Experimentieren	Zum Optimieren von Experimenten	Zum Einstieg in abstrakte Begriffsbildung
<b>Schwerpunkt fachlich</b>	Akustik: Schallerzeugung und -ausbreitung	Optik: Licht an Grenzflächen	Wärmelehre: thermische Ausdehnung	Mechanik: Wechselwirkungen
<b>Schwerpunkt Basiskonzepte</b>	Einfaches Modell für Entstehung und Übertragung von Schall (WW,SY) Teilchenvorstellung (MA)	Bezug zu akustischen Phänomenen (WW,SY)	Nutzen der Teilchenvorstellung (MA)	Wechselwirkung als Ursache für Bewegungsänderung Kraft als Stärke und Richtung einer WW (dynamischer Kraftbegriff)
<b>Schwerpunkt Kompetenzen</b>	Beobachten und Darstellen Bewerten von Schutzmaßnahmen gegen Lärm	Quantitativ Experimentieren, Nutzen von Diagrammen, Vorhersagen aus Modell treffen	Selbstständig Experimentieren Teilchenmodell nutzen	Darstellen von Bewegungsänderung und Kraft Messen und Berechnen von Kräften
<b>Bezug zu</b>	NaWi	TF 1	TF 1	NaWi

Abb. 7: Quelle: BM-RLP 2014: 192

Der Fachstruktur des Themas entspricht die „Kompetenz Erkenntnisgewinnung“:

Die Schülerin bzw. der Schüler begegnet einem neuen Phänomen oder neuen Fragen. Dies erzeugt eine Erkenntnislücke, die geschlossen wird, indem die Schülerin oder der Schüler naturwissenschaftliche Methoden erlernt und anwendet. Im Mittelpunkt der Erkenntnisgewinnung steht die Fähigkeit, aus Beobachtungen, Daten oder Modellen Schlussfolgerungen zu ziehen und dabei auch die Grenzen der Aussagefähigkeit zu erfassen. Die Kompetenzentwicklung zeigt sich z. B. im

Grad der Selbstständigkeit bei der Anwendung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisganges (BM-RLP 2014: 202).

Die Fähigkeit zur Übertragung oder Verallgemeinerung in anderen Zusammenhängen heißt hier „Umgang mit Fachwissen“ und ist gegeben, „wenn Fachwissen unabhängig vom Erwerbskontext angewendet wird (Dekontextualisierung)“ (BM-RLP 2014: 205). Einen erweiterten Rahmen bestimmt die Kompetenz „Bewertung“, also „die Fähigkeit, Fachwissen in persönliche, politische oder gesellschaftliche Entscheidung mit einzubeziehen. Im Physikunterricht werden ethisch oder ökologisch relevante Fragestellungen bearbeitet“ (BM-RLP 2014: 205).

Die Lehrpläne beruhen auf einem detailliert ausgearbeiteten didaktischen Konzept, das die älteren Stofflisten hinter sich lässt und sowohl den Lehrenden Freiheiten der Gestaltung einräumt als auch die Anpassung der Gegenstände an Schülerinteressen. Letzteres könnte auch interpretiert werden als Vorbeugung gegen den schülerseitigen Unwillen, den kognitiven Anspruch naturwissenschaftlichen Unterrichtes hinreichend ernst zu nehmen. Ob und in welchem Umfang es motivierend wirkt, wenn Lernende selbst aus einem Stoffangebot auswählen, das sie noch nicht kennen und dessen Ansehen in der Öffentlichkeit im Allgemeinen nicht hoch ist, bleibe erst einmal dahingestellt.

### **5.2.3 Spezialprobleme der Physikdidaktik**

Im Rahmen der didaktischen Konzeptionalisierung sind in der jüngeren Vergangenheit einige Aspekte verstärkt berücksichtigt worden, die nur mittelbar mit dem Gegenstand Physik zu tun haben. Gleichwohl konstituieren sie Problemfelder, die den Unterricht im Fach prägen und deshalb in der Unterrichtsplanung besonders berücksichtigt werden. Sie sind nicht genuin naturwissenschaftlichen Ursprungs, sondern rühren aus gesellschaftlichen Gewohnheiten her, die allerdings die Lernenden deutlich prägen.

Besondere Aufmerksamkeit erfahren deren kommunikative Kompetenzen, Genderrollen und die Lernmotivation oder das Interesse. Beide gehören dem Feld der soziokulturellen Prägung an, entstehen also nicht im naturwissenschaftlichen Unterricht, sondern zeigen dort die Auswirkungen von Einstellungen, die auf allgemeinere Grundlagen zurückgehen. Dass sie in der naturwissenschaftlich-mathematischen und auch stark in der speziellen

Physikdidaktik diskutiert und erforscht werden, zeigt, dass sie in der Unterrichtspraxis auffallen.

#### 5.2.3.1 Fachsprache und Bildungssprache

Dass spezielle Gegenstände spezifische sprachliche Mittel zu ihrer Darstellung erfordern, ist ein Allgemeinplatz. Die Sprache der Physik hat ausgeprägte Besonderheiten, weil der darzustellende Inhalt sich nicht mit alltäglichen Gegebenheiten überschneidet. Ein Schwerpunkt liegt bei lexikalischen und semantischen Abweichungen, also den Wörtern und Wortstämmen, die in der Allgemeinsprache nicht vorkommen, beziehungsweise deren Bedeutung in der Physik eine andere ist als im Alltag. Beispiele dafür werden oft aus dem Bereich der Naturphänomene gewählt, wie etwa ‚die Sonne geht auf‘. Dass hier der sinnliche Eindruck – der zugleich aus einem vorwissenschaftlichen Zeitalter tradiert ist – wiedergegeben wird, ist evident, dass diese Perspektive als astronomische Bezeichnung unzutreffend ist, ebenso. An dem Beispiel zeigt sich, dass nicht nur spezielle Wörter Schwierigkeiten bereiten können, sondern auch die Verknüpfung von Ausdrücken. Redeweisen, die im Alltag völlig üblich sind – und sogar nach den Bedürfnissen der Alltagsrede korrekt –, entsprechen nicht der veränderten Sicht-, Denk- und Verknüpfungsweise in physikalischem Kontext (vgl. Schecker et al. 2018: 14).

Im „Handbuch des Fachsprachenunterrichts“ (Buhlmann / Fearn 2000) wird Fachsprache über die spezielle Lexik hinaus vor allem durch die vom Standard abweichenden Strukturen gekennzeichnet:

- die Denkelemente des Faches, die in den Fachtermini bestehen,
- die Denkstrukturen des Faches,
- die Mitteilungsstrukturen, die im Fach üblich sind (Buhlmann / Fearn 2000: 13).

Unter „Mitteilungsstrukturen“ verbirgt sich eine umfassende Schreib- und Redeweise, die auch durch Fachinstitutionen geprägt wird. Sie schließt „phonetische, morphologische und lexikalische Elemente, syntaktische und textuelle Phänomene“ (Buhlmann / Fearn 2000: 13) ein. Die Komplexität einer geschlossenen Fachsprache ist für den Unterricht in der weiterführenden Schule nicht erforderlich, verweist aber auf die Kriterienvielfalt, die eine ernsthafte Auseinandersetzung mit Fachsprache mit sich bringt. In der Physikdidaktik geht es um Teilbereiche davon, wobei lexikalische Phänomene im Vordergrund stehen. In der didaktischen Forschungsliteratur wird eigenartiger Weise

nicht über die fachlichen Denkstrukturen gesprochen, die den speziellen Wortbedeutungen und ihren Verknüpfungen eingepägt sind:

Es gibt keinen klaren Konsens darüber, welche Elemente ein fachsprachliches Register umfasst. Auf der Ebene des Wortschatzes nennt Messer (2012) Eindeutigkeit, Neologismen, Komposita, Nominalisierung und Verb-Sinnentleerung sowie Passiv- und Genitivkonstruktionen. Auf der Ebene der Syntax kann Fachsprache über häufig verwendete Hypotaxen und zunehmende Satzlänge charakterisiert werden (Kircher <sup>2</sup>2009c: 116).

Trotzdem, und dies sei hier im Hinblick auf den Physikunterricht, der ja keine Fachphysiker erzeugen soll, hervorgehoben, bilden die in der Schule verwendeten fachlichen Ausdrücke nur „Teilsprachen der Allgemeinsprache“ (Buhlmann / Fearnis <sup>6</sup>2000: 11).

Zu den aktuellen Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Fachbereich gehört die Frage der Sprachverwendung in einem „Kompetenzbereich Kommunikation“, der vom rheinland-pfälzischen Lehrplan wie folgt beschrieben wird:

Im Unterricht kommunizieren Schülerinnen und Schüler fachbezogen, wodurch sich der gewohnte Sprachraum verändert. Der bewusste Wechsel von Alltagssprache und Fachsprache ist ein wesentlicher Aspekt von Kommunikationskompetenz. Zu vielen Themen stehen multimediale Informationsangebote zur Verfügung. Im Physikunterricht werden das zielgerichtete Auffinden von (fachbezogenen) Informationen sowie die Bewertung verschiedener Informationsquellen geübt“ (BM-RLP 2014: 203).

Damit ist klargestellt, welche Funktionen eine fachsprachliche Ausrichtung des Unterrichts haben soll: Informationsaufnahme und -anwendung in Abgrenzung von einer Alltagssprache. Dass dieser Kompetenz hohe Aufmerksamkeit gewidmet wird, hat zum Einen sicherlich den Grund, dass in der naturwissenschaftlich-technisch geprägten Lebenswelt durch Neuerungen ein Zuwachs an Fachsprache stattfindet, zum Anderen aber auch, dass die in Schülerkreisen verwendete Alltagssprache offenkundig in vielen Fällen nicht ausreicht, um einen Übergang auf fachsprachliche Bestandteile – immerhin geht es überwiegend nur um Wörter oder Wortstämme (Lexeme) – problemlos zu ermöglichen. Hier sei wiederum auf einen Standpunkt Wagenscheins hingewiesen, den

dieser vielfach reflektiert hat, nämlich „dass eine sinnlich-lebensweltliche und daher verständliche Umgangssprache ausreicht, um auch im Physikunterricht zu kommunizieren“ (Kircher 2009: 58).

Zwischen dem bei Wagenschein mit ‚Umgangssprache‘ bezeichneten Sprachstand und der gegenwärtig in der Schülerschaft mehrheitlich vorzufindenden Redeweise scheint ein Unterschied zu bestehen. Beklagt wird häufig, dass die Schüler unzureichende Kompetenz in der in der Schule verlangten Sprachverwendung, des heute ‚Bildungssprache‘ genannten Registers, hätten. Dies erschwere den Unterricht, denn „Bildungssprache stellt eine wesentliche Grundlage für schulischen Erfolg dar“ (BFDM 2019: 1). Forschungsbeiträge zu ‚Bildungssprache‘ unterscheiden zwischen einer übergreifenden Fassung und einer fachspezifischen Variante (die oft als ‚Fachsprache‘ bezeichnet wird, obwohl nur ein fachsprachlicher Anteil an Bildungssprache gemeint ist). Zu Missverständnissen kann es kommen, wenn Wörter in der allgemeinen Sprachverwendung eine gewohnheitsmäßige Bedeutung haben, die unter physikalischer Perspektive eine andere wird:

Die Umgangssprache belegt Worte mit Bedeutungen, die sich von den physikalischen Bedeutungen des gleichen Wortes oftmals unterscheiden. Dadurch stehen sich unterschiedliche begriffliche Bedeutungen gegenüber, z. B. der umgangssprachliche und der physikalische Kraftbegriff. Umgangssprachliche Begriffe sind in ihrem Bedeutungsgehalt breiter und unschärfer als physikalische (Schecker et al. 2018: 12).

In der Schule werden alle Wissensteile in einer gehobenen, der Abstraktion fähigen Darstellungsweise vermittelt, der Schulsprache oder Unterrichtssprache, die zugleich Teil der Standardsprache ist. Diesbezügliches Unvermögen bei einzelnen Schülern wird in einem Teil der didaktischen Forschung auf den Einfluss von Migrationshintergründen zurückgeführt, so im Sammelband „Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit“ (vgl. Gogolin / Lange 2011). Diese einseitige Vermutung scheint im Hinblick auf mangelnden Lernerfolg im Physikunterricht unangebracht, denn die fehlende Kompetenz fällt ohne Ansehen der ethnischen Herkunft auf, außerdem handelt es sich bei Schülern mit Migrationshintergrund heute überwiegend um Personen der

zweiten und dritten Generation, die eine vollständige Schulsozialisation in Deutschland durchlaufen haben, mindestens die Sekundarstufe I erreichten und das Deutsche gelernt haben. Das Defizit an Bildungssprache ist vielmehr allgemein verbreitet.

Bildungssprache ist mündliche oder schriftliche gehobene Standardsprache. Dass sie mit ‚Bildung‘ in Beziehung gesetzt wird, begründet eigentlich keine besonderen Anforderungen außer sprachlichem Wissen über Wortschatz, Grammatik und möglichen Textformen (wie beispielsweise das Versuchsprotokoll; vgl. Boubakri et al. 2017). Um Missverständnisse zu vermeiden und zur Abgrenzung sei darauf hingewiesen, dass ein älterer, kulturellen Traditionen verpflichteter Sinn des Terminus ‚Bildungssprache‘ heute nicht mehr gemeint ist, „ein Verständnis, wie es in einem Pädagogischen Lexikon Ende der 1920er Jahre zu finden ist. Hier wird Bildungssprache als ‚hohe‘ und ‚reine‘ Sprache definiert“ (Gogolin / Lange 2011: 107). Häufiger wird statt dessen heute, mit Bezug auf Jürgen Habermas auf eine pragmatische Definition referiert: „Danach ist mit Bildungssprache dasjenige sprachliche Register bezeichnet, mit dessen Hilfe man sich mit den Mitteln der Schulbildung ein Orientierungswissen verschaffen kann“ (Gogolin / Lange 2011: 108).

Der prägende Unterschied zwischen Alltagssprache und fachlicher Redeweise wird in der Fachdidaktik meist im Gegensatz von subjektiver und objektiver Aussageweise gesehen:

Die Alltagssprache ist z.B. emotional gefärbt, subjektiv gültig und kontextgebunden. Wörter und Sätze sind in der Alltagssprache oft ungenau und mehrdeutig. Die wissenschaftliche Fachsprache hingegen macht meist objektive Aussagen, die intersubjektiv gelten und verbindliche Definitionen enthalten (Heitzmann<sup>3</sup>2010: 74).

Hier wird das traditionelle Gegenüber von erkennendem Subjekt und zu erkennendem Objekt Natur trivialisiert. Menschliche Aussagen erfolgen notwendig aus subjektiver Sicht, anders als durch den Menschen selbst, der ein Subjekt ist, kann keine Äußerung erfolgen. Zwar mag es zutreffen, dass menschliche Äußerungen emotional gefärbt sind oder auch uneigentliche Rede enthalten (Ironie, Phantasie u. v. a. m), doch qualifiziert dies das System der Alltagssprache insgesamt keineswegs als durchgängig ‚subjektiv‘. Man könnte den Unterschied anders festlegen: Wer sich ‚subjektiv‘ äußert, spricht über

sich (z. B. seine Meinung o.a.), wer sich ‚objektiv‘ äußert, spricht über etwas außerhalb seiner selbst (die Objekte), ohne dabei notwendig auf seine eigene Beteiligung einzugehen. Alltagssprache macht strikt objektbezogene Aussagen möglich, intersubjektiv nachvollziehbar müssen die alltagsprachlichen Redebeiträge für eine Kommunikation zwischen Personen ohnehin sein, sonst käme keine Kommunikation zustande, sondern nur ein (Außenseiter-)Monolog. Die Problematisierung von im Physikunterricht zu verwendender Sprache ist allerdings gerechtfertigt, da die täglichen Beobachtungen in der Schule an vielen Stellen eine unsichere Lage bestätigen. Es sollte jedoch klar sein, dass der naturwissenschaftliche Unterricht, wenn er in der Sekundarstufe I nach Fächern getrennt beginnt, kaum umfassend Sprachschule sein kann.

#### 5.2.3.2 Gender im Physikunterricht

Dringender stellt sich die Frage einer Bildungsgerechtigkeit in Bezug auf die Geschlechterordnung im Unterricht. Gender (als sozial konstruierte Geschlechterrolle) spielt, so zeigen viele alltägliche Beobachtungen und wissenschaftliche Studien, im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine starke Rolle für den Lernerfolg. Jungen und Mädchen liefern in Tests und in der allgemeinen Schulerfahrung geschlechtsspezifisch unterschiedliche Leistungen, in einigen Kontexten schneiden Mädchen deutlich schlechter ab. Das liegt jedoch nicht an grundsätzlich ungünstigeren Voraussetzungen: „PISA und TIMSS machen deutlich, dass Mädchen nicht ‚natürlicherweise‘ in naturwissenschaftlichen Fächern schlechtere Leistungen erbringen“ (Lembens / Bartosch 2012: 84); insgesamt „lassen sich Geschlechterasymmetrien im Hinblick auf Physik und Technik weder psychologisch erklären noch sind sie begabungsbedingt“ (Bartosch 2011: 129).

Ein erheblicher Anteil der fachdidaktischen Forschung in Mathematik und Naturwissenschaften widmet sich deshalb der Frage, welche Faktoren hier die prägende Rolle spielen (vgl. Lembens / Bartosch 2012: 84). Eine Erkenntnis lautet, dass Mädchen gegenwärtig zu einem unterlegenen „Selbstkonzept“ (BMBF 2017: 29) neigen, sich also aufgrund ihrer Geschlechtsrolle selbst für weniger begabt halten und ihre Bemühungen deshalb unter Umständen freiwillig einschränken:

Vergleicht man nämlich nur Schülerinnen und Schüler mit exakt denselben Mathematiknoten, schätzen die Jungen ihre mathematischen Fähigkeiten noch immer um fast einen halben Skalenpunkt höher ein. Dabei ist auch berücksichtigt, dass Jungen ihre Fähigkeiten generell und fächerübergreifend höher bewerten als Mädchen“ (DIW 2017).

Dieses im Vergleich zu Jungen geringere Selbstwertgefühl kann einerseits aus der bereits im Kindesalter geprägten Mädchenrolle herrühren, andererseits aber auch aus ‚Geschlechterstrukturen‘ in der Schule, aus der gewohnheitsmäßigen ‚Verstetigung von Ungleichheiten‘ (Lembens / Bartosch 2012: 87):

Aus Sicht der Chemie- und Physikdidaktik wird kritisch nachgefragt, ob und wie die Geschlechtsstereotype und damit zusammenhängend auch das unterschiedliche Interesse im Fachunterricht produziert wird und Physik und Chemie als männliche Domänen konstruiert (‚doing gender‘) werden (Gebhard et al. 2017: 139).

Die Konstruktion und Reproduktion von geschlechterspezifischen Rollenvorstellungen beruht zunächst auf dem tradierten Stereotyp von den Naturwissenschaften als männlicher Domäne. Sie wird sowohl von männlichen Schülern als auch von Lehrern im Unterricht reproduziert (vgl. Neumann / Borowski 2011: 123). Dies führe, so die Schlussfolgerung, neben der geringeren Selbsteinschätzung der Mädchen vor allem auch zu deren Unwillen, sich an einem vom männlichen Diskurs beherrschten Unterricht zu beteiligen. Was nicht gesagt wird ist, dass Mädchen mit einem solchen Verhalten selbst gleichermaßen am ‚doing gender‘ beteiligt sind.

Es handelt sich nicht allein um eine soziale Asymmetrie, die aus feministischer Sicht seit Längerem (vgl. z. B. Stalman 1991) kritisiert wird, sondern auch um ein gesellschaftliches Ressourcenproblem. Bei der Ausbildung kommender Wissenschaftlergenerationen soll und kann auf die ebenso leistungsfähigen Wissenschaftlerinnen nicht verzichtet werden. Dies führt zu unterschiedlichen Ansätzen, um Mädchen für die naturwissenschaftlichen und technischen Fachgebiete auch im Schulunterricht zu gewinnen (vgl. Gebhard et al. 2017: 140). Da die Verhaltensweisen etwa im Physikunterricht offenbar nicht leicht zu ändern sind, wird als extremste Lösung über (zeitweise) gendertrennte Fachklassen nachgedacht. ‚Monoedukation‘ (Gebhard

et al. 2017: 140) würde die Stereotype zumindest in der Lerngruppe weitgehend unwirksam machen, „phasenweise Trennung von Mädchen und Jungen wurde vor allem im Zuge von Projekten zur Mädchenförderung als Ideal für geschlechtergerechten Unterricht gesehen“ (Lembens / Bartosch 2012: 90). Nicht gestellt wird die Frage, ob eine stundenweise Entlastung von gelebten Genderstereotypen die Wirkung von langfristig und tiefgreifend eingeübten Geschlechterrollen tatsächlich aufheben können.

### 5.2.3.3 Motivation und Interesse

Ein weiteres aktuelles Problem ist das oft mangelnde oder im Laufe des Unterrichts abnehmende Interesse der Schüler am Fach, das zu nachlassender Motivation führt: „Interesse ist der gegenstandsorientierte, inhaltliche Aspekt der Motivation“ (Kircher 2009c: 126). Interesse kann weder vom Einfluss der Eltern noch von Geschlechterrollen allein abgeleitet werden. Beide „erklären [...] nicht im Detail, wie Kinder bzw. Jugendliche spezifisches fachliches Interesse für oder gegen ein Themenfeld entwickeln“ (Benke 2012: 216).

Das Interesse „in den naturwissenschaftlichen Fächern zeigt eine deutliche Abnahme im Vergleich zu anderen Fächern im Verlauf der Mittelstufe. Zudem nimmt das Interesse von Mädchen stärker ab als das von Jungen“ (Neumann / Borowski 2011: 123). Deshalb werden Mittel gegen zunehmendes Interessendefizit diskutiert: „Die Lehrkraft gibt dafür wichtige Impulse, Lernen können die Schülerinnen und Schüler aber nur durch eigenständige Auseinandersetzung mit den Lernangeboten“ (Schecker et al. 2018: 3). Der historisch sukzessive Wegfall von nicht-hinterfragtem Pflichtgefühl, formalisierten Traditionen und Autoritätsglauben erfordert entsprechend veränderte Begründungsstrategien.

Noch Wagenschein hatte die Zielvorstellungen von ‚logischer Schulung‘ und ‚geistiger Zucht‘ (als Freude an der Überwindung von Schwierigkeiten), die Kerschensteiner wiederholt betont hatte, gutgeheißen (vgl. Wagenschein 1932: 17). Diese sind heute keine allgemeinen Ziele des Schulunterrichts mehr, weil sie, wenn überhaupt, nur von begabten und motivierten Lernenden akzeptiert werden. Didaktik richtet ihr Augenmerk heute hingegen, verglichen mit Wagenscheins Zeitalter, auf eine viel größere Gruppe von

Schülerinnen und Schülern, unter denen vor allem diejenigen beachtet werden, die ungünstigere Voraussetzungen und eher geringes Interesse mitbringen.

Psychologisch muss zwischen Personen, die diese Freude am Überwinden von Schwierigkeiten haben und anderen, die wenig Motivation aufbringen, unterschieden werden. So „ist für Leistungsmotivierte ein erwarteter Erfolg umso attraktiver, je schwieriger die Aufgabe ist“ (Becker-Carus / Wendt 2017: 525), andere werden durch höhere Anforderungen eher demotiviert. Die Voraussetzung wirksamer Motivation wird in älteren Didaktikabhandlungen selten als Problem genannt, heute gehört sie zu den häufiger besprochenen Themen. In dem Maße, wie die Psychologie Modelle ‚des ‚inneren Menschen‘ entwickelt, die zum Verständnis und zur Erklärung dessen dienen, was Menschen tun, warum sie es tun und welche Auffassungen sie von sich selbst haben (Guski-Leinwand / Lück 2014: 37ff.), hat sich die Vorstellung verstärkt, dass Schule in der Motivationssteigerung ihre Aufgabe wahrzunehmen habe.

Die oben bereits erwähnte Selbsteinschätzung, das „Selbstwertgefühl“ (Petersen / Stahlberg / Frey 2006: 40) von Schülerinnen und Schülern, ist eine Folge und gleichermaßen eine Grundlage für Motivation. Dieses zirkuläre Verhältnis versucht die Didaktik zu stärken, indem Unterrichtsgegenstände auf Interessenlagen von Lernenden ausgerichtet werden. Entsprechend der psychologischen Annahme, Teilhabe an der „Kontrolle“ (Fritsche / Frey 2006: 86) einer Situation steigere die Motivation, soll dies sowohl das Interesse als auch die Eigenverantwortung fördern – wobei in sozialpsychologischer Sicht keine objektive (tatsächlich gegebene) Kontrolle angenommen wird, sondern eher der Eindruck, den Personen von ihren eigenen Kontrollmöglichkeiten haben.

## **6 Positionen und grundlegende Problemstellungen in Wagenscheins Werk**

Martin Wagenschein repräsentiert in seiner Person Kontinuität und Konsistenz von Denken und Tun. Was immer Rezipienten von seinem Denken halten mochten, sie erkannten die Ernsthaftigkeit darin an, außerdem seine Lehrerfahrung und die daraus abgeleiteten Aussagen zur Lehrpraxis. Was er niemals geliefert hat, ist eine systematische Zusammenstellung seiner Positionen, ein geschlossenes Werk. Im Vergleich beispielsweise zu Hahns zusammenhängendem Überblick über alle Teile der didaktischen Reflexion des Faches Physik wirken seine sehr zahlreichen Vorträge und Aufsätze wie eine Fragmentensammlung. Dementsprechend verlief die Rezeption auch über einzelne Themenausschnitte.

Und doch herrscht in Wagenscheins Vorstellungen nicht nur Konsistenz, sondern auch eine systematische Basis, der im Folgenden zunächst nachzugehen ist. Nachzuweisen ist dabei, durch welche Schnittstellen mit der Bildungs- und Lehrtradition diese Grundvoraussetzungen entstanden sind. Sie sind Bestandteil einer zeitgenössischen Bildungsauffassung, die bei der Darstellung einzelner Themen von Wagenschein meist stillschweigend vorausgesetzt wird. Diese Implikationen sollen kurz rekonstruiert werden, weil sie sich heute bei der Lektüre kaum erschließen, da ihre markanten Signalwörter ihre herausragende Bedeutung und den Wiedererkennungswert verloren haben. In dem Maße, wie sich Bildungsbegriff und Bildungsanforderungen im Zuge des gesellschaftlichen und zugleich didaktischen Wandels seit den 1960er Jahren veränderten, verloren einige von Wagenscheins Voraussetzungen ihren vormals selbstverständlichen Geltungsanspruch und seine Ausführungen erscheinen umso mehr als bruchstückhaft. Um heute über Wagenscheins Aktualität nachzudenken, müssen die Verschiebungen im fachdidaktischen Rahmen mitbedacht werden.

Grundpositionen entwickelte Wagenschein schrittweise und gewissermaßen langsam, um im Laufe seines langen Wissenschaftlerlebens immer wieder darauf zurückzukommen. Didaktische Spezialprobleme, die er mit Bezug auf Tagungsthemen oder Aufgabenstellungen anderer Art behandelte, lassen sich stets auf die Grundpositionen zurückbeziehen: Wagenscheins Œuvre weist keine ‚Turns‘ oder ‚Phasen‘ auf, wie sie

anderen Wissenschaftlern attestiert werden mögen, auch die Richtungswechsel der politischen Zeitläufte scheinen darauf kaum Auswirkungen gehabt zu haben. Das Auseinandergleiten der öffentlichen Erwartungen und seiner eigenen Anschauungen ist nur in gelegentlichen resignativen Äußerungen seinerseits dokumentiert, so etwa das „sich Verstecken in dem unseligen Fachjargon, einer Retortensprache (besonders in der Lehrerbildung), die oberhalb und außerhalb dessen verläuft, wovon sie zu reden vorgibt (,Kompetenz, Performanz, elaboriert, restringiert...‘)“ (Wagenschein 1989: 111).

### **6.1 Physik im Zusammenhang: „Natur physikalisch gesehen“ (1953)**

Für die Rekonstruktion der Voraussetzungen ist es sinnvoll, mit einem von Wagenscheins eher umfassenden Texten zu beginnen, einem Text aus der Zeit des erhofften Neubeginns nach dem Weltkrieg. Musterbildend ist die kleine Monographie „Natur physikalisch gesehen. Eine Handreichung zur physikalischen Naturlehre für Lehrer aller Schulen“ (Wagenschein 1953). Sie gehört zu den Reaktionen auf das „Tübinger Gespräch“, zu dem Wagenschein 1951 eingeladen worden war. Auf dieser Tagung wurde eine Reihe von Vorschlägen verabschiedet („Tübinger Protokoll“), die sich in vielen Punkten mit Wagenscheins Konzept deckten (vgl. Wagenschein 1951). Die Einladung durch die Physiker von Weizsäcker und Gerlach hatte in Wagenschein nach eigenem Bekunden das Gefühl bestärkt, in der Debatte um die zukünftige Physikdidaktik gehört zu werden. „Natur physikalisch gesehen“ ist denn auch ein Text voller Zuversicht und Selbstvertrauen, ein Text in einem nahezu erzählenden Duktus, dessen persuasiver Optimismus heute vielleicht naiv erscheint, hinter seiner zeitgebundenen Rhetorik aber einige der heute brennenden didaktischen Probleme auf ungewohnte Weise angeht. Ergänzend werden Aussagen aus diesem Text auf Wagenscheins Aufsatz „Naturwissenschaft und Bildung“ (1932) zurückbezogen, weil hier in der Tat eine Kontinuität vorliegt, die die Phase des Nationalsozialismus überspringt.

„Natur physikalisch gesehen“ kommt bescheiden daher. Der Untertitel verstärkt den Eindruck der Zurückhaltung, als „Handreichung“, die sich an „Lehrer aller Schulen“ richtet, erhebt der Text weder wissenschaftlichen Anspruch auf physikalischem noch auf pädagogischem Gebiet. Auch dies wird für spätere Publikationen Wagenscheins typisch

bleiben, der Autor vermeidet Schlagwörter und volltönende Versprechungen, er greift auf konkrete Erfahrungen mit Schülern zurück oder auf historische Beispiele, die bis in die griechische Antike zurückreichen können. Die heute üblichen abstrakten Termini von ‚Kompetenz‘ bis ‚Bildungsstandard‘ würden im Vergleich, nimmt man versuchsweise einmal Wagenscheins Perspektive ein, wie abgehobene Phrasen erscheinen, die wenig Orientierung bieten. Im Vorwort bereits erklärt der Autor „wir sprechen hier mit Kindern und vor Kindern“, erachtet den Beginn seiner Betrachtungen also als Auseinandersetzung mit einer primären Lernstufe. Dies ist weder eine curriculare Verortung noch eine Distanzierung des erfahrenen Erwachsenen gegenüber den Lernenden, denn folgende rhetorische Frage stellt den Lern- wie auch Forschungsansatz in den Kontext einer allumfassenden kindlich-unbefangenen Perspektive: „wie lange sind wir selber Kinder?“ (Wagenschein 1953: 3).

Kindliche Unbefangenheit und Neugier stehen für Wagenschein am Beginn aller Wissenschaft, und zwar nicht nur metaphorisch, sondern durchaus methodisch. Diese Haltung soll die schrittweise Annäherung an den Gegenstand und seine Methode dadurch sichern,

daß wir den Menschen ganz sein lassen, daß die Wurzeln der Ehrfurcht nicht zerschnitten werden, daß das Staunen und das Sich-Wundern nicht verloren geht, auch dann nicht, wenn die Beherrschung des äußeren Ablaufs zum Übermut geneigt macht (Wagenschein 1953: 25).

Nachzutragen bleibt, dass Wagenschein keine Kleinkinder oder Grundschüler meint, sondern, wie schon in seinem Aufsatz „Naturwissenschaft und Bildung“ (1932) ausgeführt, den Beginn des kindlich-physikalischen Lernens bei 13jährigen Mädchen und Jungen ansetzt (vgl. Wagenschein 1965: 18). Unter dieser Voraussetzung irritiert das freudige Bekenntnis zur kindlichen Naivetät, die entwicklungspsychologische Situation heutiger Jugendlicher ist wohl eine andere als die, die Wagenschein in seiner Zeit vorgefunden hat. Und doch wird die Frage zu behandeln sein, was mit einer zumindest partiellen Rückgewinnung einer solchen Haltung erkenntnismäßig und didaktisch zu erreichen wäre.

Bemerkenswert ist im Untertitel der genannten Schrift die Fachbezeichnung „physikalische Naturlehre“, die statt ‚Physik‘ das veraltete Kompositum ‚Naturlehre‘ in

den Mittelpunkt stellt: Wagenschein meint damit, wie er später ausführt, eine Naturlehre, „die noch auf das Ganze blickt“ und „erst allmählich und notwendig die einzelnen Gebiete Biologie, Physik, Chemie“ (Wagenschein 1953: 16) trennt. Naturlehre ist nicht nur ein Wort, das heute unspezifisch nach Alltagssprache klingt, es ist in historischer Sicht der Terminus, mit dem die deutschen Aufklärer – sobald die deutsche Sprache in den Wissenschaften zulässig wurde und das Latein zu ersetzen begann – einen der Welt zugewandten Teil der Philosophie bezeichnet hatten.<sup>5</sup> Angesichts Wagenscheins häufigen Bezugnahmen auf die Naturforscher der Frühen Neuzeit (daVinci, Galilei, Newton, Volta u. a.) kann die erneute Verwendung des Wortes als ausdrücklicher Bezug auf einen Wissenschaftsstand gedeutet werden, in dem Physik auch in der Wissenschaft noch nicht disziplinär oder methodisch (u. a. nach mathematischer oder experimenteller Methode; vgl. Lind 1992: 102ff.) ausdifferenziert war und als ‚Gegenpol‘ den humanistischen Teilen der Universalwissenschaft gegenübertrat.

Der monographische Text von „Natur physikalisch gesehen“ ist in drei Abschnitte geteilt, in „allgemeine Erwägungen“, „Physik im Zusammenhang“ und „Lehrgänge“. Der Aufbau fachdidaktischer Kompendien wird auch heute noch in dieser Reihenfolge durchgeführt, die oben zitiert Behauptung Benkes (2012), erst nach 1970 existiere überhaupt Physikdidaktik sei vorsichtshalber noch einmal kritisch zurückgewiesen. Wagenschein und andere in seiner Zeit sind auch keine Vorläufer, sondern vollgültige Fachautoren. Deshalb ist sein Werk auch nicht museal-historisch, sondern kann auf eine Aktualität hin befragt werden.

Mit der Überschrift „Allgemeine Erwägungen“ bleibt Wagenschein im ersten Teil seiner zurückhaltenden Benennung treu – er behauptet nicht, eine ‚Theorie‘ zu liefern.

---

<sup>5</sup> Im Standard-Nachschlagewerk der deutschen Früh- und Hochaufklärung, Zedlers „Universal-Lexikon“ ist „Natur-Lehre“ das Hauptstichwort, das mit „Natur-Kunde, Natur-Wissenschaft, Physick, Physica, Philosophia naturalis“ synonym gesetzt wird. Das Gegenstandsfeld, das darunter genannt wird, ist umfassend: „Wir sehen sie für diejenige Lehre an, da wir wahrscheinlich erkennen, welches die selbständigen Principien und Anfänge der Würckungen in der Natur sind, die wenigstens dem ersten Anblick nach mit den Sinnen nicht dürffen begriffen werden“ (Zedler 1740: 1147). Auch hier findet sich bereits jener Übergang von der sinnlichen Wahrnehmung auf die systematisch-distanzierte Betrachtung, wie sie Wagenschein im 20. Jahrhundert stets an den Anfang des Physik-Lernens stellt. Der Begriff von „Welt“, die durch Natur-Lehre erfasst werden kann, ist bei Zedler noch sehr weit gefasst, „daß auf solche Weise die Physick die Lehre von allen und jeden Naturen, sowohl Göttlichen und geistlichen, als auch körperlichen sey“ (Zedler 1740: 1147) [‚geistlich‘ entspricht hier dem heutigen ‚geistig‘].

Zusammenhänge herzustellen, überlässt er überhaupt in hohem Umfang seinem Publikum. Sukzessive abgearbeitet werden jene theoretischen Diskursbestandteile, die oben als Bezugskontext seit dem späten 19. Jahrhundert rekonstruiert wurden: Bildung, Auswahl, Methode, Physik, Forschung und Technik.

Auch wenn der Titel ‚nur‘ Natur und Physik in Aussicht stellt, verankert Wagenschein seine Überlegungen im allgemeinen Bildungsbegriff. Im Gegensatz zu seinem ersten Aufsatz über „Naturwissenschaft und Bildung“ (1932) bezieht er sich nicht auf Curricula der höheren Schulen. Er grenzt seinen Begriff sogar gleich zu Beginn von (materialer) „Allgemeiner Bildung“ ab, „in dem Sinne eines möglichst vollständigen Bestandes angehäufter Kenntnisse ohne Rücksicht auf ihren Zusammenhang“ (Wagenschein 1953: 5). In diesem Kontext formuliert er auch seine danach so häufig zitierte Distanzierung: „nur zu ‚lernen‘, um dann eine ‚abgeschlossene Bildung‘ mit einer guten ‚Note‘ und einem Berechtigungs-,Schein‘ zu besitzen [...] so ähnlich wie das Füllen eines Sackes“ (Wagenschein 1953: 5). Dass diese Kritik im Zeitalter der Zertifizierungen durchaus aktuell aufgefasst werden kann, muss hier nicht betont werden. Eine weitere Abgrenzung gilt, auch dies wiederholt sich in Wagenscheins Schriften beständig, dem „Spezialistentum“, jenem „Menschen, der nur eine Sache weiß und die gründlich [...], der dadurch auch selbst zum Ding wird, zum kleinen Rad einer großen Maschinerie“ (Wagenschein 1953: 5). Lenz' rhetorisches Meisterstückchen „ein trauriger niederdrückender Gedanke, eine ewige Sklaverei“ schwingt hier geradezu mit.

Wagenschein selbst greift auf einen klassischen Bildungsbegriff zurück, der in der Nachkriegszeit als Gegengewicht zur überwundenen Nazi-Ideologie wieder hohes Ansehen genießt: „Wenn GOETHE sagt [...]“ beginnt die Herleitung. Die dominante literarische Kultur wird als Maßstab herangezogen, der Name des ‚Olympiers‘ ruft das klassische Bildungsparadigma auf. Er steht hier nicht zur Anbiederung bei einem Bildungsbürgertum, welches Physik für bildungsferne Spezialistensache hält – wenig später nennt er Ernst Mach, dessen Name nicht in diesem Verdacht steht. Wagenschein zitiert Goethe aus Überzeugung, er zitiert ihn auch als Naturwissenschaftler mit morphologischem Ansatz. Wagenschein schließt somit an den vom Subjekt selbst bestimmten Universalismus menschlicher Bildung an, der alle Fachgebiete umfassen kann.

Das mit „Wenn GOETHE sagt“ eingeleitete Zitat stammt aus dessen Altersroman „Wilhelm Meisters Wanderjahre“ (1821-1829): „Narrenpossen sind eure allgemeine Bildung und alle Anstalten dazu. Daß der Mensch etwas ganz entschieden verstehe [...] darauf kommt es an“ (Wagenschein 1953: 5). Der Begriff des Verstehens rückt in den Vordergrund, er wird Jahrzehnte lang Leitbegriff in Wagenscheins Didaktik sein, wird hier aber eben nicht vom Autor selbst gesetzt, sondern durch das Zitat historisch legitimiert. In einem Zeitalter, in dem man sich im Hinblick auf den Aufbau, die „kommende neue Schule“ (Wagenschein 1953: 3), wieder auf Humanistisches besinnt, schafft der Bezug auf Goethe eine unhinterfragbare konsensuelle Aura. Heute hätte dies nicht mehr diese Wirkung, es würde eher wie eine rhetorische Antiquität daherkommen.

Wagenschein leitet auch mit einem Bezug auf die Goetheliteratur zu seinem Modell des Verstehens über. Er berichtet von einer Erzählung Eckermanns über die Entwicklung eines eigenen (Schieß-)Bogens, die in dessen „Gespräche mit Goethe“ überliefert ist. Für die Zeitgenossen des klassischen Bildungsparadigmas bietet dies ebenso eine Legitimation, alle kennen den Chronisten Johann Peter Eckermann zumindest vom Gymnasium her (Heute werden viele Google oder das Lexikon bemühen müssen). Dieser Umstand sei nur erwähnt, um auf den Vorzug eines kanonorientierten Bildungsbegriffs für Wagenscheins Argumentation hinzuweisen. Genau eine derartige Anknüpfungs- oder Übertragungsleistung könnte heute mangels kanonischer Legitimationsmuster kaum genutzt werden. Eckermann erzählte Goethe, dass er Bogenschießen beobachtet habe und daraufhin selbst einen Bogen habe herstellen wollen. Nach und nach habe er verschiedenste Holzarten und Gestaltungsformen durchprobiert. Goethes Antwort lautete im Sinne seiner morphologischen Naturwissenschaft: „Auch ist das Suchen und Irren gut, denn durch Suchen und Irren lernt man. Und zwar lernt man nicht bloß die Sache, sondern den ganzen Umfang. Was wüßte ich von den Pflanzen und der Farbe, wenn man meine Theorie mir fertig überliefert [...] hätte!“ (Wagenschein 1953: 6).

Wagenscheins Fazit heißt: „Damit sagt er eigentlich alles, was über Bildung und auch, was über die Unterrichts-Methode zu sagen ist“ (Wagenschein 1953: 6). Er sieht das Verfahren des ‚Suchens und Irrens‘ in Kerschensteiners Prinzip des ‚Arbeitsunterrichts‘ verwirklicht, das im Bereich der Eigenarbeit von Schülern anzusiedeln ist. Für den Bildungsbegriff leitet Wagenschein daraus eine Prozesshaftigkeit als Grundstruktur ab:

„Schule kann zufrieden sein, wenn es ihr gelingt, diesen Vorgang des selbsttätigen Greifens nur zu wecken“ (Wagenschein 1953: 7).

Mit dem Anschluss an den klassischen Bildungsbegriff, mit der Legitimation durch den universalen Klassiker Goethe und den physikdidaktischen Klassiker Kerschensteiner benötigt Wagenschein keine weitere Begründung oder Herleitung seines Programms. Auch die folgenden Punkte des Vortrags, „Auswahl“ und „Methode“ ergeben sich als Schlussfolgerungen aus der Einleitung. Bei der Auswahl des Stoffes steht für Wagenschein immer die „Beschränkung“ (Wagenschein 1953: 7) im Fokus, er kritisiert alle bis dahin stattgefundenen Versuche der Verkleinerung des Pensums für unzureichend. Auch darin vertritt er die Einsicht aus dem „Tübinger Protokoll“, „dass das deutsche Bildungswesen, zumindest in Höheren Schulen und Hochschulen, in Gefahr ist, das geistige Leben durch die Fülle des Stoffes zu ersticken“ (Wagenschein 1951: 3). Wagenschein beruft sich ausdrücklich, der Legitimation durch klassische Vorbilder folgend, zitierend auf Ernst Mach, der „nichts Schrecklicheres“ kenne, „als die armen Menschen, die zu viel gelernt haben“ (Wagenschein 1953: 8). Die Anhäufung von Lernstoff verhindere ein, wie Mach zitiert wird, ‚gesundes, kräftiges Urteil‘ und sei gleichzeitig ‚kompliziert genug, um zu verwirren‘ (Wagenschein 1953: 9). Der Schulpraktiker Wagenschein ist besonders besorgt, dass eine notwendige Verringerung der Fachinhalte in der Theorie zwar allenthalben anerkannt werde, in der Schule selbst aber zu keiner Veränderung führe (vgl. Wagenschein 1953: 8).

Unter dem Stichwort ‚Methode‘ wird die notwendige Reduktion radikaler gefordert: Die Geschichte der ‚echten, auswählenden Bildung‘ (Wagenschein 1953: 8) wird auf Demokrit in der griechischen Antike zurückgeführt, ferner mit Zitaten von Pascal, Pestalozzi und nochmals Goethe untermauert. Metaphorisch schafft Wagenschein ein später öfter zitiertes Bonmot: ‚Hier, im physikalischen Unterricht (wie ‚in den Wissenschaften‘ überhaupt) geht es eben nicht darum, den Kuchen zu essen, den andere gebacken haben, hier geht es um die Kunst des Backens‘ (Wagenschein 1953: 9). Wagenscheins Reminiszenzen an naturwissenschaftliche Protagonisten aus Antike und Früher Neuzeit bilden keine Ausschmückung in seiner Argumentation (im Sinne des rhetorischen ‚decorum‘), sondern einen in seinen Augen unverzichtbaren Baustein bei der Annäherung an die begründete physikalische Perspektive auf Natur. Da Wagenschein bei

der Vorstellung beispielhafter Unterrichtseinheiten („Lehrgänge“ in der didaktischen Terminologie seit der Weimarer Republik) häufig auf Entdecker-Beispiele zurückgreift, kann dies im Zusammenhang mit seinem Bildungsbegriff als zeitloses Muster im Verhältnis Mensch zu Natur verstanden werden: Indem in einem Fall die Entdeckungssituation, die Sammlung von Beobachtungen, die Ableitung verallgemeinernder Aussagen bis hin zum mathematisierbaren Gesetz nachvollzogen werden, entsteht ein Modell, hinter welches die mitdenkende Person nicht mehr zurückfallen wird. In der Terminologie heutiger Kompetenz-Didaktik wäre dies als Grundmuster aller naturwissenschaftlichen Kompetenz zu beschreiben, mit Wagenscheins Worten als „geistige Haltung“ (Wagenschein 1932: 17).

Dieser Zugang findet auf der breiten Skala aller Wahrnehmungskanäle statt, von der Emotion bis zur abstrakten kognitiven Reflexion – und abschließend der mathematischen Quantifizierung mit der Einschränkung, dass

die Formel [...] für die Physik etwa das [ist], was für das Handwerk die Maschine bedeutet. Eine Schule, die ihre Schüler das Handwerk lehrt, auch um sie zu bilden, wird die Maschine für den Anfang vermeiden (Wagenschein 1932: 20).

Entscheidend ist für Wagenschein, dass die Natur den Ausgangspunkt bildet, nicht das Selbstgefühl des Menschen (wie es in der gegenwärtigen Didaktik als psychologisches Movens berücksichtigt wird), nicht der Wunsch, mit einer Methode das Gegenüber Natur zu unterwerfen, nicht der Seitenblick auf technische Verheißungen („wenn die Beherrschung des äußeren Ablaufs zum Übermut geneigt macht“; Wagenschein 1953: 25). Es geht, um noch einmal an den historisch geprägten Untertitel zu erinnern, um Naturlehre – was Natur den Menschen lehrt und was der Mensch tun kann, um sie zu beschreiben. Auf den Unterricht bezogen empfiehlt Wagenschein die Zurückhaltung der Lehrpersonen, um die Neugier der Schülerschaft nicht zu beeinträchtigen oder zu bremsen – dieser Aspekt wird anlässlich der sogenannten ‚Lehrkunst‘ Wagenscheins noch häufiger zur Sprache kommen.

Im kurzen Text „Natur physikalisch gesehen“ kommt erst nach der Modellierung des Verhältnisses zwischen dem Menschen, seiner Bildung und der Natur überhaupt der

Begriff ‚Physik‘ zur Darstellung. Hier finden sich all jene plakativen Formulierungen, die oben als Konnotationen des Wortes schon zitiert wurden, vom unterhaltsamen Experimentierspektakel über die Ödnis der Physik-Klassenzimmer bis zu den abschreckenden Buchseiten voller mathematischer Zeichen. Stünde nicht Wagenscheins Begeisterung für die ‚physikalische Betrachtung‘ zwischen den Zeilen, könnte dies wie eine Warnung klingen, nur ja nicht das falsche Fach zu wählen. Ausgeglichen wird dieser Blick sofort durch erneute Betonung des Naturbezuges – dies kommt auf die Dauer geradezu einer Beschwörung des Naturbezuges gleich – „Wer die Physik kennt [...] der weiß, daß ihr großer Gegenstand immer nur die Natur war und es auch heute geblieben ist, mag auch das reißende Anwachsen der Technik [...] den Blick vom Kern wegziehen“ (Wagenschein 1953: 12). Noch einmal wird diese Perspektive als überzeitliche und grundsätzliche bekräftigt durch den historisierenden Einschub „besonders wenn er auch ihren Weg durch die Jahrhunderte ein wenig nachgegangen ist“ (Wagenschein 1953: 12).

Unter „Forschung und Technik“ betont Wagenschein anschließend, dass nicht „der blanke Nutzen das einzige Ziel der Forschung sei“ (Wagenschein 1953: 13). Bildung und Utilitarismus sind für ihn, dem klassischen Bildungsbegriff getreu, zweierlei. Er entscheidet sich in dem alten Dilemma klar gegen Nützlichkeitsabwägungen. Er bleibt Ernst Machs Diktum treu, der „Nutzen der Naturwissenschaft“ sei „gewissermaßen nur ein Nebenprodukt“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 328). Am Beispiel Faradays demonstriert Wagenschein, dass selbstgenügsames Interesse den Weg zu elektrischem Nutzen gewiesen habe, nicht der primäre Wunsch, nutzbare Instrumente zu entwickeln oder gar viel Geld zu verdienen: „Denn es sind in ihrer Wurzel verschiedene Triebe: zu *erkennen*, was die Natur ‚im Innersten zusammenhält‘, und: die Natur, die erkannte Natur, zu *lenken*“ (Wagenschein 1953: 13). Der Vorgang der Erkenntnis steht in Verbindung mit dem oben hervorgehobenen Verstehen, die Nutzung ist aus physikalischer Sicht für Wagenschein ein Nebeneffekt, dem Bildung und Verstehen vorausgesetzt sind. Deshalb lehnt er ab, mit Physikunterricht auf zukünftige Fachkräfte abzielen. Dies kommt aber nicht einer Verweigerung gleich, denn erst aus einer alle betreffenden Bildung gehe die freie Studien- und Berufswahl hervor. An der Basis steht für Wagenschein das Verstehen, das Teil der universellen Bildung ist – für ihn mustergültig repräsentiert im Zitat aus dem Monolog Fausts: ‚Was die Welt / im Innersten zusammenhält‘.

Auch dies bindet die Ausführungen zur Physik wieder an die kanonisierte Kultur zurück: Im klassischen Bildungsparadigma bildet Fausts Erkenntnisstreben ein hohes Ideal (wobei die zeitweise dominierende nationalistische Deutungsvariante, ‚das Faustische‘ sei ‚ur-deutsch‘ und erlaube praktisch alles [vgl. Kimmich 2018: 352f.], entschieden zurückgewiesen sei). Die Sehnsucht nach Erkenntnis ist dort so stark, dass sie zu schierer Verzweiflung und anschließend zum Griff nach Zaubermitteln und dem Verkauf der eigenen Seele an den Teufel führt. Das verlangt Wagenschein von seinen Lesern nicht – wohl aber eine Idee oder ein Gefühl, in denen der unbegreiflichen Größe der Natur – so wie ‚der Unerbittlichkeit ihres Materials‘ (Wagenschein 1932: 21) – Tribut gezollt wird: ‚Ehrfurcht‘ (Wagenschein 1953: 14). Das ist eine radikalere Einstellung und zugleich eine ethisch motivierte, als sie in Kerschensteiners ‚geistiger Zucht‘ gegenüber der Natur ausgedrückt wird. Wagenschein erläutert:

Wir stehen vor etwas Fremdem. Zwar umfaßt es uns selbst mit, und insofern ist es uns nicht fremd, sondern ganz im Gegenteil Heimat. Aber sobald wir es forschend ansehen, entfremden wir es uns, wollen etwas von ihm, und haben nun, um zum Ziele zu kommen, nur den Weg der Geduld, des sich-Fügens (trotzdem wir angreifen), der Demut (Wagenschein 1953: 14).

‚Entfremden‘ und ‚sich fügen‘, eigentlich eine Position aus Litts Bildungsantinomie, wird hier nicht durch Einsicht in die Methode aufgefangen, sondern durch das Gefühl der ‚Ehrfurcht‘ überbrückt. Was heute wie eine alte Predigt klingen mag, ist ursprünglich didaktisch konkret gemeint: ‚Wer nicht immer von neuem ergriffen wird [...] wer sich nicht mehr wundert, weil er nun ‚weiß‘, der ist nicht berufen der Natur-Lehre zu dienen‘ (Wagenschein 1953: 13). Aus dem Begriff der Ehrfurcht folgt nicht nur eine Haltung der Bescheidenheit, sondern die Beflissenheit des Dienens.

Im zweiten Teil von ‚Natur physikalisch gesehen‘ geht es um ‚Physik im Zusammenhang‘. Aus der erneuten Betonung heraus, Natur solle für Anfänger und Laien nicht zerstückelt erscheinen (diesmal belegt mit einem Zitat aus einem Gedankenaustausch zwischen Goethe und Schiller; vgl. Wagenschein 1953: 16) leitet Wagenschein die für ihn grundlegenden Kategorien der Naturbetrachtung ab. Hier findet sich jene konzeptionelle Dichotomie, die später die Wagenschein-Rezeption beherrscht,

die Trennung zwischen Phänomenen und Modellen. Beide Begriffe werden sowohl auf den Gegenstand als auch auf die Betrachtenden angewendet, sie bezeichnen gleichzeitig eine Erscheinungsweise des Gegenstandes und eine Wahrnehmungsform. „Phänomene“ bilden eine „Schicht der Erscheinungen, die sich unmittelbar den Sinnen bietet (wie sie also ‚vorhanden‘ ist)“ (Wagenschein 1953: 18). Es handelt sich aus der Sicht der Wahrnehmenden um Gegebenheiten (in der Natur oder der Natur), die sie jederzeit sehen, hören etc. können – die, in den Worten der Kompetenzdidaktik, aus dem Alltag bekannt sind. Sie sind insofern ‚vorhanden‘, als sie sich den Sinnen konstant darbieten. Die „Modelle“ hingegen sind „Bilder [...] die gedacht werden müssen“ (Wagenschein 1953: 18), es sind Abstraktionen, die eine andere ‚Schicht‘ bilden, und zwar keine Schicht der Natur, sondern eine Schicht des Denkens über die Natur. Den Begriff des ‚Bildes‘ hat Wagenschein später fallengelassen, weil er im Sinne von ‚Abbild‘ aufgefasst und damit missverstanden werden kann. Für die Konzeptionalisierung der zwei (weit auseinanderliegenden und in ihren Formaten und Funktionen völlig getrennten) Schichten ist ‚Bild‘ jedoch letztlich sehr gut geeignet, da es das künstlich hegestellte, Konstruierte daran betont, und die sinnliche Wahrnehmung nicht ausschließt. Auch wenn Bilder ‚gedacht‘ (konstruiert) sind, werden sie doch bildlich repräsentiert und dadurch wahrnehmbar (Wagenschein verweist gelegentlich auf Atommodelle als Beispiel für ein physikalisches Bild). Das Bild eines Dinges ist aber nie mit dem Ding selbst verbunden, sondern bezieht sich nur in einer mehr oder weniger komplexen Konstruktion darauf. Mit dieser Trennung der Schichten und ihrer Funktion (sinnlich wahrnehmen versus konstruieren) legt Wagenschein zugleich den Grundstein für seine Sprachbetrachtungen bezüglich des Physikunterrichts: Das Phänomen ist eine Erscheinung der Lebenswelt, deshalb muss die Beschreibung auch zunächst in einer lebensweltlichen Sprache erfolgen, das Modell ist eine Konstruktion in der Vorstellungswelt, deshalb muss es mit der Sprache der Vorstellungswelt repräsentiert werden. Da diese Vorstellungswelt methodisch kontrolliert und somit fachlich geprägt ist, kommt nur eine Fachsprache in Betracht. Den Übergang vom einen zum anderen, vom augenfälligen Phänomen zur intellektuellen Konstruktion, stellt Wagenschein anschließend dar.

Die Teilgebiete des Unterrichtsstoffs hängen miteinander auf der Erscheinungsschicht zusammen. Aus dem „Gefüge der Erscheinungen“ (Wagenschein 1953: 19) entsteht eine

„phänomenologische Kette“, die von einem physikalischen Thema zum nächsten führt: „Beginnen wir innerhalb dessen, was uns umwirkt, mit dem Handgreiflichsten, mit den körperlichen Dingen“ (Wagenschein 1953: 19). Er wählt die „Fährte von Eis – Wasser – Dampf“ als „Zustands-Arten“ der Stoffe und führt von dort aus zur Wärme über, die die Aggregatzustände auslöst (vgl. Wagenschein 1953: 19). Es geht weiter über die Wärmestrahlung zum Licht, zu den Farben, zur Optik. Im Rahmen der „Lehrgänge“, die das kleine Buch abschließen, wird Wagenschein an verschiedenen Beispielen demonstrieren, wie das ‚kindliche‘ Interesse idealerweise Fragen stellt, die jeweils auf einen nächsten Themenkomplex hinführen. In einem Schaubild, das einen Ring darstellen soll, verdeutlicht er die „Physik im Zusammenhang“ grafisch, in der Mitte ist der Energieerhaltungssatz als verbindendes Element zu sehen:

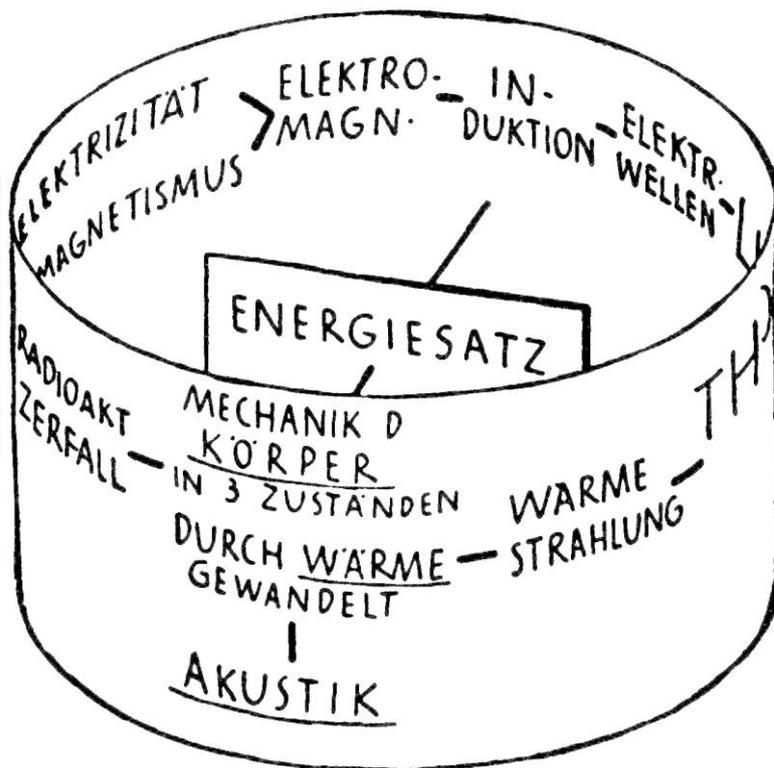


Abb. 8: Quelle: Wagenschein 1953: 21. Bilduntertitel dort: „Der Ring der Themenbereiche“

Wichtig ist für Wagenschein, dass die Fragen an die Phänomene aus der genuinen Neugier der ‚Kinder‘ hervorgehen, dass also nicht Modelle angeboten werden, die quasi von Anfang an die Wahrnehmung leiten. In Wagenscheins Sinn müsste wohl gesagt

werden, die Wahrnehmung verfälschen, indem sie sie mit dem modellhaften Denken belasten, was als psychische Operation etwas Anderes ist als neugieriges Beobachten. Lehrpersonen sollen allerdings den Fragekatalog bereichern, hier schließt später in Wagenscheins Ausführungen der Begriff des ‚sokratischen Lehrens‘ an.

Der Ring der Naturerscheinungen bietet zugleich den Leitfaden für das Curriculum. Wohlgermerkt, Wagenschein zielt nicht auf einen Minimalkanon des Stoffes, der gelernt werden müsse, sondern er entwickelt hier ein Schema des Physikunterrichts, wie er sich nach seiner Erfahrung wie von selbst ergeben könnte. Die Stoffgebiete, die er aufnimmt, entsprechen durchaus denen, die schon bei Hahn (1927) als ‚Lehrgangs‘-Inhalte ausgefaltet wurden. Die Ausgangsebene bilden die Phänomene der Natur, die nach den Stufen der naiven, nachdenkenden und messenden Beobachtung, über die Bestätigung durch ein Experiment in ein ‚Bild‘ (Modell) überführt werden. Einen Überblick über seine Idee des thematischen Zusammenhangs zwischen den Themengebieten ohne Rekurs auf zugrundeliegende Erscheinungen und Experimente im Einzelnen kartiert Wagenschein in folgendem zweidimensionalem Schema. Die Abbildung hier dient dem Einblick in Wagenscheins Ordnung, er will damit kein Vorbild für die Orientierung von Lehrbüchern geben.

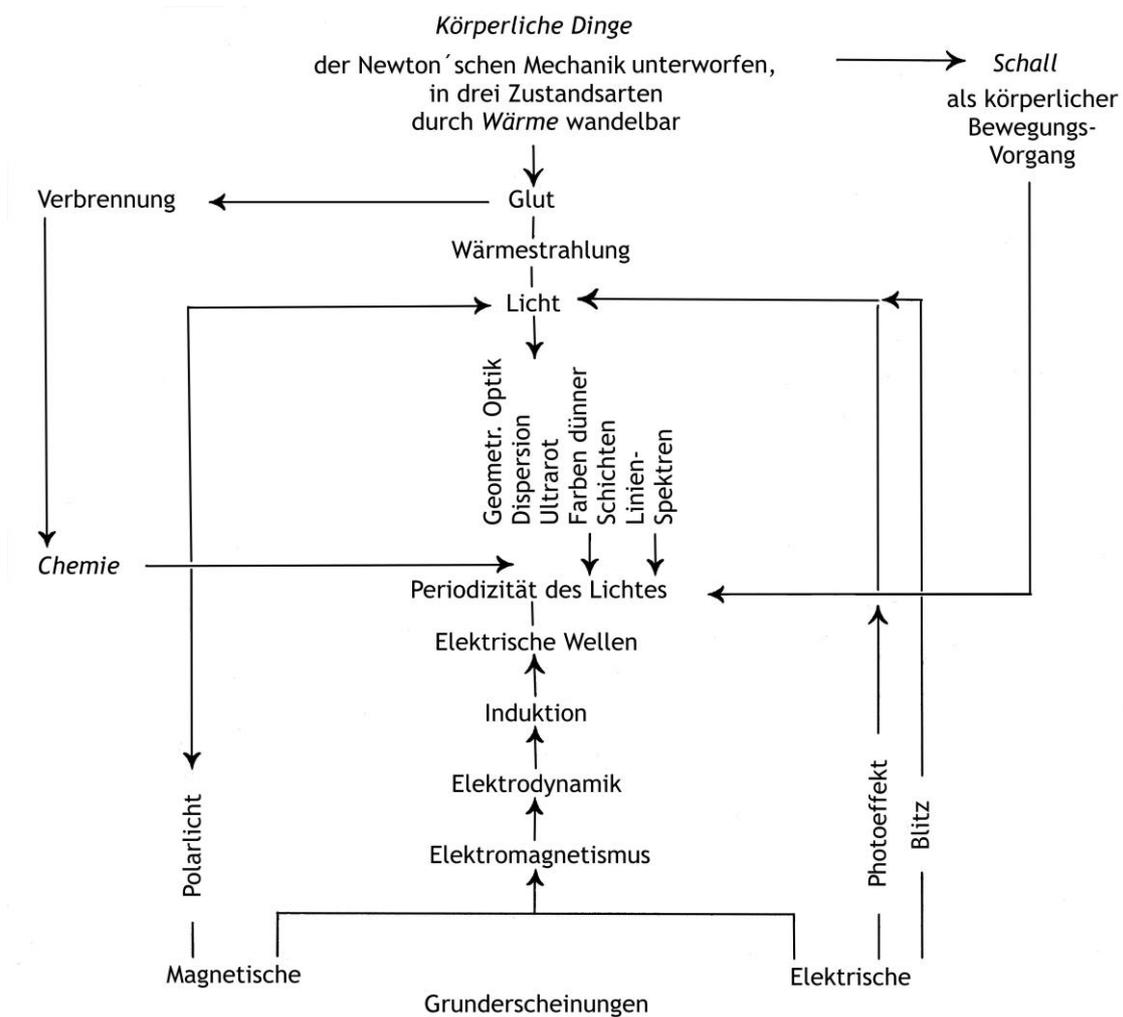


Abb. 9: Quelle: Wagenschein 1953: 22. Bilduntertitel: „Physik im Zusammenhang“

Die Modelle sollten nach Wagenscheins Auffassung immer in der Vorstellung an die beobachteten Erscheinungen rückgebunden bleiben, er unterstellt dies wie selbstverständlich. Auf die Repräsentation in der Vorstellung der Schüler (und letztlich auch Fachphysiker) bezogen bestätigt dies, dass in Wagenscheins Konzept ein Rest sinnlicher Wahrnehmung bei der Konstruktion des Bildes und diesbezüglicher mathematischer Operationen im Hintergrund bestehen bleibt. Das ist insofern nicht belanglos, als es die Transformation des modellierenden (konstruierenden) Subjekts hin zu einem von der naturwissenschaftlichen Methode geprägten (in humanistischem Sinn ent-subjektivierten, entfremdeten) *Subjekt* in Grenzen aufhält: Das Subjekt wird nicht zum distanzierten Fach-Spezialisten, so lange es sich an seine Erlebnisse erinnert. Das ist neben der ‚Ehrfurcht‘ eine der Brücken, die Wagenschein über die Kluft zwischen den

zwei Beschreibungssystemen ‚Beobachtung der Erscheinung‘ und ‚Konstruktion eines Bildes‘ erhalten möchte.

Die Schicht der Bilder zeichnet Wagenschein in einem ähnlichen Ring, der dem der Phänomene entsprechend aufgeteilt ist: Er zeigt hiermit, dass die Zuordnung der Phänomene untereinander bei den Modellen ebenso funktioniert. Die Modelle (Molekularbewegung, Lichtwellen etc.) rekonstruieren die Klassen der verallgemeinerten Phänomene auf abstrakte Weise, der untere Ring steht in unmittelbarem Bezug zur Natur, der obere nur in mittelbarem, weil er eine Konstruktion auf der Basis des unteren Ringes repräsentiert. Physikalische Modelle sind für Wagenschein Beschreibungen zweiter Ordnung, die erste Ordnung bezieht sich immer auf Natur selbst.

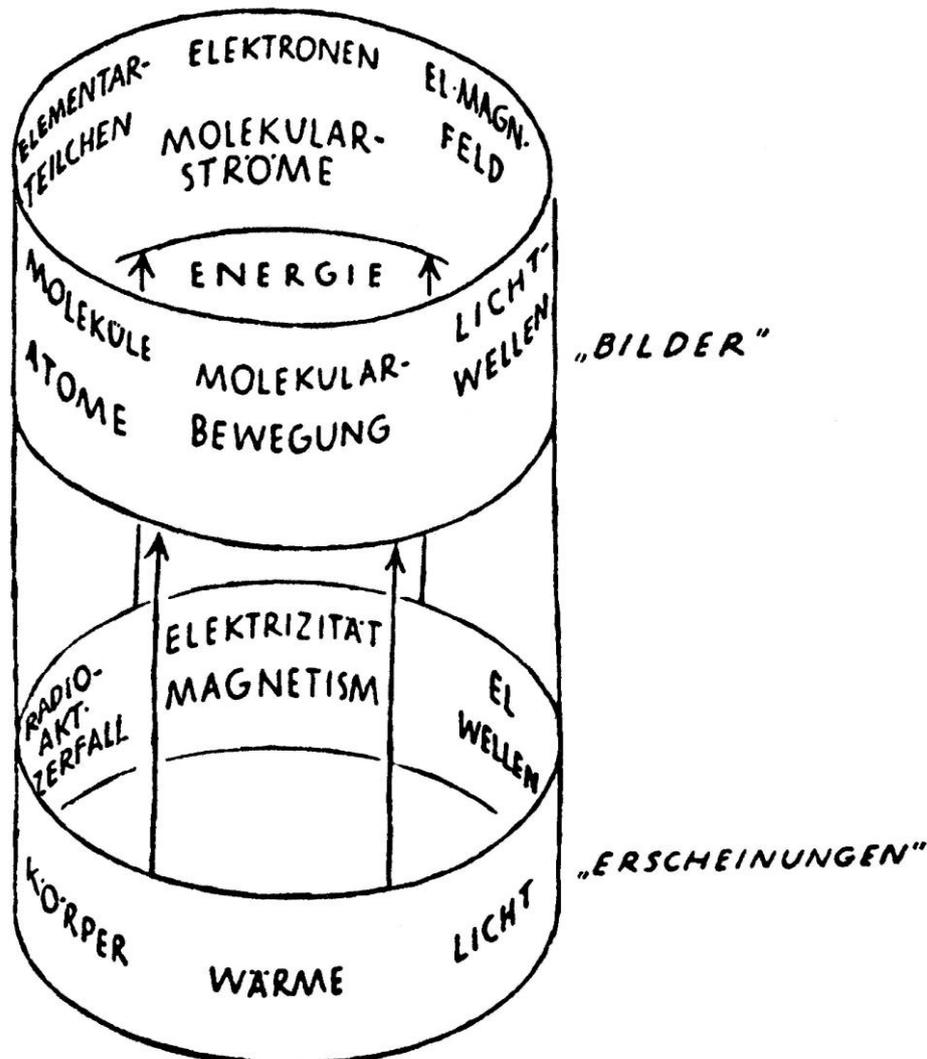


Abb. 10: Quelle: Wagenschein 1953: 23. Bilduntertitel: „Die Ringe erster und zweiter Ordnung“

Wagenschein weist selbst darauf hin, dass in seinem Überblick kein Thema der Technik enthalten ist, obwohl diese im Physikunterricht einen Platz haben müsse. Für ihn stellt sie jedoch einen äußerlichen Zusatz dar, der nicht in das bisher gezeigte Schema hineinpasst, weil er nicht auf Naturerscheinungen zurückgeht. Wagenschein ordnet Technik der Ebene zweiten Grades zu, denn „Jeder technische Gegenstand ist durch den erkennenden Geist hindurchgeschritten, bevor er als Ding der Außenwelt vor uns steht“ (Wagenschein 1953: 24). An technischen Beispielen seien deshalb streng genommen keine Kräfte der Natur zu erkennen, sondern Realisierungen, die aus der Modellkonstruktion hervorgegangen sind.

Nach dem Entwurf des Gegenstandsfeldes folgt die Spezifikation des methodischen Vorgehens, die „Kontinuität des Erkenntnisprozesses zwischen Erlebnis und Abstraktion“ (Wagenschein 1953: 24). „Erlebnis“ verweist natürlich auf Diltheys Kernbegriff der Hermeneutik, auf das Subjekt, das seinen Gegenstand für sich selbst schrittweise erschließt und im Kontext seiner eigenen Universalbildung interpretiert und auch emotional bewertet (ob Wagenschein an Dilthey denkt oder dessen Erlebnisbegriff durch Kerschensteiner oder andere vermittelt kennt, ist nicht zu belegen). Die Anbindung an einen humanistischen Bildungsbegriff wird zweifelsfrei betont. Damit erhält der Zugang zur Schicht der Phänomene auch eine subjektive Komponente, im Erlebnisbegriff des klassischen Bildungsparadigmas steckt die Entfaltung des Subjektes, welches durch das Erlebnis ‚berührt‘ wird (emotional und kognitiv) und seine Eindrücke daraufhin subjektiv äußern kann. Mit einem Seitenblick auf die Frage der Sprache kann gesagt werden, beim Erlebnis darf und soll die Alltagssprache ihre subjektiven Komponenten entfalten.

Die Erkenntnisschritte gehen von der erlebenden Beobachtung über das Experiment zur Erklärung. Da die ‚kindliche‘ Neugier und das ursprüngliche Erlebnis den Anstoß geben, kommt der Beobachtung aus didaktischer Sicht die größte Aufmerksamkeit zu. Sie wird unterteilt in „reine Beobachtung“, „vergleichende und nachdenkende“ sowie „messende“ (vgl. Wagenschein 1953: 25f.). Die reine Beobachtung schaut nur, sie „weiß noch nichts vom Experiment, sie greift nicht ein“ (Wagenschein 1953: 25). Man könnte diesen sinnlichen Zugriff auch naiv nennen. Im Beobachten, so beschreibt Wagenschein, stellen sich bald Vergleiche zwischen den verschiedenen Formen des Phänomens

(Veränderungen, Unterschiede zwischen verschiedenen Stellen etc.) ein. An verschiedenen Beispielen von Schüleraufzeichnungen dokumentiert Wagenschein dies an anderen Stellen seiner Schriften. Erst mit der „messenden Beobachtung“ erfolgt der Schritt zur Verwissenschaftlichung.

Mit Experimenten beginnt die Konstruktion durch den Menschen, erste Schritte zur Beherrschung der Natur: „Wir begnügen uns nun nicht mehr, zuzuschauen: wir wiederholen, wobei wir das, was uns interessiert, absichtlich isolieren, und wir variieren, das heißt: wir ändern die ‚Veränderlichen‘ und ihre ‚Funktion‘ (Wagenschein 1953: 27). Die Termini ‚Variation‘ und ‚Funktion‘ stehen eindeutig in Bezug zum Konzept des funktionalen Denkens, wie es seit der Meraner Reform didaktisch leitend war. Wagenschein rechnet nicht nur Versuche mit eindeutiger Ausgangshypothese und Messungen zur Klasse der Experimente, sondern auch Installationen zur ‚vorurteilsfreien‘ (vgl. Wagenschein 1953: 27) Beobachtung. Eine „Erklärung“, der Versuch, „Beobachtetes und experimentell gefundenes erklärend zu verbinden“ (Wagenschein 1953: 29), stellt den Endpunkt und eigentlich auch den Übergang zur Konstruktion von Modellen dar.

Der Terminus ‚Bild‘ erfährt in diesem Kontext eine weitere Erläuterung. Wagenschein stellt einerseits fest, dass es sich um konstruierte Modelle handelt, kommt aber, wo immer möglich, auf deren Anschaulichkeit zurück. Er bewahrt die sinnlich wahrnehmbaren Aspekte, weil er meint, „die Begriffsbildung der Altersstufe [d. h. unterhalb der Oberstufe] nicht zumuten“ zu können (Wagenschein 1953: 30). Es besteht dabei das Dilemma, einerseits ‚Bilder‘ zu benutzen, gleichzeitig aber auf den landläufigen Irrtum („Erbe der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts“; ebd.: 30) hinzuweisen, „das physikalische Schema der Welt“ sei „die Welt“ selbst (Wagenschein 1953: 30): „Nie dürfen wir vergessen, daß diese Bilder keine ‚Dinge‘ sind“ (Wagenschein 1953: 28). Besonders gilt dies für Magnetismus oder Elektrizität, von denen immer nur Spuren zu beobachten sind, nie aber die Sache als solche.

Unter den Beispielen, die er anführt, befindet sich auch der Ausgangspunkt seiner Einführung in die Beobachtung der Naturphänomene, die Wärme. Die Erklärung von Wärme führt nicht an der Molekularbewegung vorbei. Jedoch „die durcheinander zitternden, gleitenden, schießenden Moleküle“ sind nur wirklich, „insofern wir sie denken

müssen, wenn wir physikalisch denken [...] Sie sind also nicht mehr ‚richtige‘ Dinge wie Stein und Wasser sind, sondern mit Gedanken durchwachsene Dinge, Gedanken-Dinge, gemacht, erdacht zur Erklärung gewisser Zusammenhänge“ (Wagenschein 1953: 29). Auch wenn sie im Experiment sichtbar gemacht werden, zeigen sich nur Spuren, und dieser Umstand müsse in der sprachlichen Formulierung stets berücksichtigt werden. Vorzuziehen sei aber immer ein sinnlich wahrnehmbarer Eindruck: „Zeigen wir lieber die Brown’sche Bewegung als von Molekularbewegung zu erzählen“ (Wagenschein 1953: 30).

## **6.2 Didaktische Prämissen**

Die kleine Monographie „Natur physikalisch gesehen“ fasst Wagenscheins Konzept der Nachkriegszeit zusammen. Eine derart geschlossene Darstellungsform wird der Autor unter dem Eindruck der Modernisierung didaktischer Konzepte, vor allem durch die kritische und emanzipatorische Pädagogik in der zweiten Hälfte der 1960er Jahre (vgl. Bönsch 2006: 21), nicht mehr vorlegen. Zwar setzen sich die zentralen Prämissen und Erfahrungen in seinem Denken konsequent fort, doch in den didaktischen Diskussionen, zu denen er regelmäßig eingeladen wird, vertritt er später eher Teilaspekte. Bevor im Folgenden auf die wichtigsten, in der Rezeption durch Schlagwörter wie ‚exemplarisches Lehren‘, Berücksichtigung der ‚Phänomene‘ oder ‚Sprache der Physik‘ markierten Elemente eingegangen wird, sei ein Blick auf Wagenscheins Erfahrungen mit Schulbetrieb geworfen. Was er erlebt hat, lässt sich nicht generalisieren, weshalb er mit Forderungen eher zurückhaltend verfährt und statt dessen wenig vollmundige Vorschläge unterbreitet.

## **6.3 Physik und Bildung**

In „Natur physikalisch gesehen“ legte Wagenschein einen Entwurf vor, wie die Betrachtung von Natur in die Weltansicht eines universal gebildeten Subjekts integriert sein könnte und wie Physikunterricht dazu beitragen sollte. Von der sinnlichen naiven Wahrnehmung über gelenkte Beobachtung, bestätigendes Experiment und schließlich

abstrakte und mathematische Formalisierung könne das ‚Bild‘ der Natur und der in ihr wirkenden Kräfte mit den anderen Bildungselementen im Subjekt kombiniert oder sogar verbunden werden. Die kleine Schrift setzt fort, was 1932 bereits in „Naturwissenschaft und Bildung“ in Umrissen gesagt war, dass die Trennung in eine ‚humanistische‘ und eine naturwissenschaftliche Bildung weder den Menschen noch den Sachen angemessen sei, besonders in einer naturwissenschaftlich dominierten Kulturepoche.

Voraussetzung ist für Wagenschein anfangs ein traditioneller deutscher Bildungsbegriff, der auch von den Zeitgenossen in den 1950er Jahren noch nicht prinzipiell in Frage gestellt wird. Theodor Litts durch philosophische Analyse gewonnene Einsicht, dass zwischen einer humanistischen und einer naturwissenschaftlichen, das heißt methodisch geleiteten Weltansicht ein unaufhebbarer Widerspruch (Antinomie) bestehe, übernimmt Wagenschein nicht, vor allem nicht in sein an der pädagogischen Praxis ausgerichtetes Konzept. Er erkennt den Zwiespalt an, rückt ihn aber an den Rand des Lernfeldes von Schülern, indem er allein vor einem naturwissenschaftlichen Schul-Spezialistentum warnt, ansonsten jedoch die fachliche Spezialisierung auf die Ausbildungsphase nach der Schule verlegt. Dort besteht in seiner Sicht das Problem fort oder wird noch verstärkt, dies ist jedoch kein Gegenstand der Didaktik des Schulunterrichts. Der Bedarf an Fachkräften, so Wagenscheins Auffassung, bedeute keineswegs, dass „der heute so notwendige Spezialist ein in diesem Sinne Deformierter sein müsse“ (Wagenschein 1982: 56). Es müsse unbedingt vermieden werden, durch zu spezialisierte Ausbildungszweige Schüler früh in menschlicher Hinsicht zu ‚deformieren‘.

Diesen Entwicklungsstand des Bildungsbegriffs, der in den 1950er Jahren unter rückblickender Auslassung der nationalsozialistischen Epoche an die Zeit davor anschließt, verlässt Wagenschein im Laufe der 1960er Jahre, ohne ihn freilich ausdrücklich zu verwerfen; vielmehr möchte er ihn „etwas ruhen lassen“ (Wagenschein 1982: 56). Der Abstand ist in seinen Texten seit 1962 jedoch deutlich sichtbar, indem er beispielsweise dann auf Goethe-Zitate weitgehend verzichtet und einige Termini aus der hermeneutischen Tradition entweder neu begründet oder aber fallen lässt. Wagenscheins didaktisches Ziel lautet nun den „Anteil der Physik an der Allgemeinbildung der Nichtphysiker“ (Wagenschein 1995/1962: 139) sicherzustellen: „wir haben in der Schule die Aufgabe, Menschen zu bilden, die unter Umständen auch Physiker werden können“

(Wagenschein 1995/1962: 144). Damit ist eine Ausrichtung des Schulunterrichts am Fachkräftebedarf ausgeschlossen, Spezialisierungen werden auf die Zeit nach der Schule verschoben. Im Vordergrund stehen die Wahrnehmung und Wertschätzung der Natur, darüber hinaus gehören zu den „Bildungswerten des physikalischen Unterrichts“ vor allem „Folgerichtigkeit, Anschauung, scharfes Beobachten, klares Denken“ (Wagenschein 1995/1962: 143).

Der Begriff einer ‚Allgemeinbildung‘ geht unter anderem auf Klafkis Bildungstheorie zurück. „Klafkis didaktische Analyse ist als Gelenkstück zu verstehen zwischen der Didaktik als Bildungslehre und der davon abgekoppelten Unterrichtsmethodik einerseits und den von den so genannten gesellschaftlichen Mächten vorgegebenen inhaltlichen Ansprüchen“ (Bönsch 2006: 21).

Wagenschein ersetzt 1965 ‚Bildung‘ durch den lateinischen Begriff ‚Formatio‘: Das ältere „abgegriffene Wort möchte ich – aus Respekt vor dem, was es meint – gern etwas ruhen lassen und es hin und wieder durch das nüchternere ‚Formatio‘ ersetzen“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 56). Dies bedeutet keine Orientierung an romanischen Bezeichnungen mit ihren anderen semantischen Implikationen (franz. formation, span. formacion, ital. formazione), sondern dient der Distanzierung einerseits vom humanistischen Bildungsbegriff und andererseits von dessen Kritikern, unter denen Klaus Mollenhauer, Wolfgang Klafki und andere „Selbstkritik der geisteswissenschaftlichen Pädagogik“ (Rieger-Ladich 2014; 71) unternahmen und sich sozialwissenschaftlicher Orientierung zuwandten. Inhaltlich festgelegt wird ‚Formatio‘ durch drei Elemente: Produktive Findigkeit, Einwurzelung, Kritikfähigkeit. Es handelt sich um einen heuristischen Arbeitsbegriff, der „zum Glück“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 56) nicht vollständig definiert werden müsse.

Mit ‚produktive Findigkeit‘ wird die Kombination aus Neugier, Erkennung von Fragestellungen und Suche nach eigenständigen Antwortmöglichkeiten bezeichnet. Dies wendet sich zunächst gegen eingefahrene Aufgabenstellungen und passende Lösungen. Diese Findigkeit soll mit dem Ende der Schulzeit zu einer persönlichen Eigenschaft geworden sein. Wagenschein vermisst sie als Kompetenz der Abiturienten und moniert deren „bereitwillige Haltung: ihre Hoffnung nämlich, in der neuen Umwelt [des Studiums] vertraute Einzelaufgaben gezeigt zu bekommen, bei denen Kenntnisse, die sie

hatten, angewandt werden könnten“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 56). Statt dessen wünscht er einen „unbefangenen, aber wachen Blick für das Ganze [...] Nicht also starres Suchen nach dem Wiederfinden mitgebrachter Schemata [...] Ist es nicht gerade das, was uns in unserem Wissenswohlstand nicht abhanden kommen darf?“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 57). Im Kontext der Formation bleibt die Dominanz des Gegenstandes erhalten, nicht die Routine des Erlernten soll die Wahrnehmung leiten, sondern weiterhin die neugierige Selbstpositionierung des Subjekts ihm gegenüber. Wagenschein verlangt auch von Lernenden, die das Abitur bereits abgelegt haben, das Fortbestehen eines Teils jener Haltung, die er bei Kindern als Beginn des physikalischen Interesses beschreibt. Es geht hier um die Haltung der Lernenden, nicht grundsätzlich um die Zurückweisung verfügbarer standardisierter Kenntnisse: Die bis zum Ende der Schulzeit gesammelten Wissensbestände und methodischen Kenntnisse dienen vielmehr dazu, aus Neugier schneller und variantenreicher Neues zu entdecken und verschiedene (erlernte oder abgewandelte) Erklärungsansätze zu erproben.

Wagenschein stützt seinen Begriff der ‚produktiven Findigkeit‘ auf eine gleichlautende Untersuchung Max Wertheimers, der entsprechende Beobachtungen am Schülerverhalten bei der Lösung mathematischer Aufgaben aus gestaltpsychologischer Perspektive auswertet: „Die Rolle der Erfahrung wird [...] keineswegs in Abrede gestellt, insoweit nämlich wirklich produktives Denken hierdurch eine Unterstützung erhält“ (Sarris 2019: 8). Im Lernprozess insgesamt führt produktive Findigkeit dazu, „aus sich selbst heraus lernen zu können“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 57).

Einwurzelung ist einem französischen Leitbegriff ‚enracinement‘ Simone Weils nachgebildet, der nach ihrer Auffassung dem ‚déracinement‘ (Entwurzelung) des modernen Menschen, speziell des Menschen unter dem Nationalsozialismus, entgegenwirken soll. Der ethische Bestandteil dieses philosophischen Konzeptes spielt bei Wagenschein keine explizite Rolle, bei ihm bedeutet das Wort ‚Verbundenheit mit der eigenen natürlichen (nicht technischen) Lebensumgebung‘ oder dem Bild der Wurzel entsprechend, didaktisch gewendet: Herauswachsen der Erkenntnis aus der eigenen Lebensumgebung. Diese Verwurzelung gilt für das Wissen ebenso wie für die Lernenden selbst, als didaktisches Prinzip richtet der Begriff das Lehrbemühen auf die Verankerung in und Herleitung aus grundlegenden Bestandteilen der Welt und ihrer Wahrnehmung.

Die Verankerung kann geschehen, indem Lehrpersonen das Interesse anregen und entstehen lassen, die Herleitung gehört zum Selbstlernen (der Findigkeit) und führt erst in darauf folgenden Schritten zum logischen Weiterentwickeln (erst dann gilt „denkerische Strenge“; Wagenschein <sup>7</sup>1982: 67) bis in den abstrakten physikalischen Systemkontext.

Dass dies seinem Begriff von Einführung in Physik entspricht, legt Wagenschein an anderer Stelle, wie so oft, an einem historischen Beispiel dar, einer Äußerung Leonardos über die Mondsichel von 1508: „Sein Blick webt das Verstehen, hin und her wandernd auf dem durch Lichtfluten gebildeten Dreieck Sonne – Mond – Erde. Hier ist keine Spaltung, nichts was dazwischenkommt, nur erste Wirklichkeit und Einwurzelung in sie“ (Wagenschein 1989: 27). Leichter verständlich wird die Bedeutung in Wagenscheins synonym gebrauchter Formulierung „Anwesenheit der Wirklichkeit“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 65).

Kritisches Vermögen, als drittes Element der *Formatio* genannt, bezeichnet „eine sichernde und dem produktiven Finden Schritt für Schritt nachfolgende Instanz“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 59). Konkreter bedeutet dies, dass es sich um eine seitens der „Lernenden immer wieder eingreifende Kontrollinstanz“ handelt, die vor allem auf „logische Folgerichtigkeit“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 88) achtet. Hervorzuheben ist, dass Wagenschein nicht die Selbstbetrachtung oder -reflexion des Individuums meint, sondern die kritische Überprüfung am Gegenstand: „Dabei ist der Blick auf die Sache gerichtet“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 88).

Das Naturerlebnis bildet den Ausgangspunkt des physikalischen Lernens und zugleich der allgemeinen Bildung des Subjekts, wodurch Physik lernpsychologisch – und deshalb auch in ihrer didaktischen Analyse – mit allen anderen Fächern vergleichbar ist. Die Abkehr vom humanistischen Bildungsbegriff in seiner Fassung durch Dilthey (in den 1960er Jahren kritisiert als ‚konservative hermeneutische Pädagogik‘; vgl. Bönsch 2006: 21) macht das ‚Erlebnis‘ als Ausgangspunkt aller Bildung problematisch. Erlebnis ist geprägt durch sinnliche Wahrnehmung und emotionale Verarbeitung, beide Kategorien stehen einer rationalen Haltung nach geläufiger Auffassung entgegen: „Mißtrauen erweckt, besonders bei Mathematikern das Wort ‚Erlebnis‘“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 88). Aus mathematisch-naturwissenschaftlicher Perspektive, also aus der der ‚Fachleute‘, die

Wagenschein als pädagogisch zu distanziert kritisiert, entspricht der Vorbehalt durchaus jenem in der Gegenwart, der die ‚Subjektivität‘ der Lernenden beklagt. Doch selbst in einer von humanistischer Tradition und Hermeneutik abgewandten kritischen Pädagogik der 1960er Jahre bleibt der Erlebnis-Begriff erst einmal erhalten. Bei Klafki ist er noch fundamental: „im eigenen Erlebnis oder im Verstehen anderer Menschen – unmittelbar der Einheit eines objektiven (materialen) und eines subjektiven (formalen) Momentes innewerden“ (Klafki 1963: 43).

Die Entwicklung von Wagenscheins Bildungsbegriff führt parallel zur Modernisierung der Fachdidaktik, vom humanistischen Ideal fort zu einer eng geführten Betrachtung fachspezifischer Pädagogik. Die Ideale der Universalbildung bleiben jedoch im Hintergrund bestehen, sie werden vor allem in der Kritik des ‚deformierenden‘ Speziesentums und im Appell an die Wertschätzung des ‚ganzen Menschen‘ im Hintergrund beibehalten. Dabei zeigt sich, dass Grundlagen wie die sinnliche Wahrnehmung, die persönliche Auseinandersetzung im Erlebnis und die findige Ableitung von Erklärungen keineswegs an eine hermeneutische Tradition gebunden sein müssen, sondern auch in funktionaler pädagogischer Perspektive ihre Bedeutung behalten. Insofern ist Wagenscheins Konzept in der didaktischen Entwicklung anpassungsfähig, ohne seine Basis zu verlieren. Es steht allerdings weiterhin einem streng an naturwissenschaftlicher Methode orientierten Unterricht gegenüber.

#### **6.4 Exemplarisches Lernen und Lehren**

Jenes Schlagwort, das in der heutigen, gewissermaßen distanzierten Erinnerung die Pädagogik Wagenscheins beherrscht, lautet ‚exemplarisches Lernen‘ oder ‚Lehren‘ (vgl. Kircher <sup>2</sup>2009: 21; Adamina / Möller <sup>3</sup>2010: 104f. u. a.). Nachdem er zwischen 1952 und 1960 seine Vorstellungen in mindestens sechs Vorträgen bei Schulreform- und Lehrerfortbildungskonferenzen in Bayern, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen, Hamburg) vorgestellt hatte (vgl. Wagenschein 1965/1955), galt Wagenschein bereits Anfang der 1960er Jahre als Begründer einer einschlägigen ‚exemplarischen‘ Richtung: „Auf dem Gebiet der Physik und Mathematik ist Martin Wagenschein sogar als Initiator der neuen Reformbewegung anzusprechen“ (Strunz 1963: 61). Der Terminus markiert

heute weiterhin die Diskussion um die Verringerung überwältigender Stoffmengen und um stellvertretende Annäherung an methodische Kenntnisse. Der Aspekt des fächerübergreifenden, allgemein zur (formalen) Bildung des Individuums beitragenden Teils, den Wagenschein als ein wesentliches Ziel verstand, wird heute wenig oder gar nicht diskutiert. In der Nachkriegszeit setzten viele schon früh große Hoffnungen darauf, „daß durch dieses Lehren gerade die fachliche Enge überwunden werden soll“ (Hunger 1956: 10). Stofffülle und ‚fachliche Enge‘ wurden bereits 1963 als Produkt einer „hochdifferenzierten Spätkultur“ (Strunz 1963: 60) angesehen, um so mehr trifft diese Charakterisierung heute zu.

In der Terminologie der zeitgenössischen Didaktik lautete ein synonyme Terminus ‚paradigmatisches Lernen‘ (vgl. Strunz 1963: 60), was im Übrigen strikt vom später populären Begriff des wissenschaftlichen Paradigmas und Paradigmenwechsel (vgl. Kuhn 1967) zu trennen ist: „Das Paradigma [...] ist hier ein Musterbeispiel, an der [richtig: dem] der allgemein Sachverhalt ganz besonders eindrucksvoll in Erscheinung tritt, und seine Darbietung geht der Erörterung dieses Allgemeinen voraus“ (Strunz 1963: 60). Diese Unterscheidung wird vom zeitgenössischen Autor nachdrücklich betont, um den gängigen Begriff des Beispiels („Exemplum“) als nachträgliches Anwendungsbeispiel eines vorgetragenen Lehrsatzes davon abzugrenzen. Damit steht exemplarisches Lernen von Anfang an im Zusammenhang mit der eigenen Entdeckungs- und Beobachtungstätigkeit der Lernenden, „nicht nur auf den Intellekt gerichtet, sondern auf das Ganze des jugendlichen Wesens“ (Strunz 1963: 61).

Während Wagenschein in „Natur physikalisch gesehen“ (1953) einen vollständigen Entwurf potentiellen physikalischen Wissens für eine Schullaufbahn aus seinem Ideal der Neugier Jugendlicher entwickelte, wählt er für die Darstellung des begrenzten didaktischen Themas eine entgegengesetzte Perspektive: Die Schule ‚scheitert‘ als Institution, was sich aus dem Scheitern vieler Schüler ableiten lässt; sie scheitert „an der Natur des Kindes oder Jugendlichen [...] des heutigen Heranwachsenden“ (Wagenschein 1963: 63). Das Eintreten für exemplarisches Lehren ist Institutionenkritik. In dieser Perspektive zeigt sich die Wende von der ‚von oben‘ gedachten ‚Methodik‘ der Physik (nach 1927 seinerzeit gerade noch einmal neu aufgelegt: Hahn / Töpfer 1962/63) hin zur psychologischen Berücksichtigung der Lernenden: „Ich habe allzu oft gesehen, daß die

Unterrichtsweise eine Menge von Kindern unfähig macht“ (Wagenschein 1963: 64). Ganz im Sinne der zu Beginn des Bandes vom Herausgeber innovativ hervorgehobenen äußeren Faktoren der Lernsituation (vgl. Strunz 1963: 9f.), ergänzt Wagenschein die innerschulischen Faktoren um solche „außerhalb der Schule“.

Noch ist nicht die Rede von umfassenden Lebensbedingungen oder Alltagssituationen, als Beispiele nennt Wagenschein aber bereits den „Verfall der Familie“ und „die Technisierung des Lebens“ (Wagenschein 1963: 64). Ältere Leser oder jüngere, die sich an Erzählungen von früher erinnern, mögen sich fragen, wie ‚zerrüttet‘ Familienstrukturen in der konservativen Gesellschaft der frühen 1960er Jahre wohl gewesen sein mögen, wenn man sie mit heutigen Konzepten von Familie vergleicht (selbstverständlich sollen die Nachwirkungen von Kriegsschicksalen, Vertreibung und Flucht etc. hier nicht verharmlost werden). Bemerkenswert ist Wagenscheins Feststellung aus jener Zeit auf alle Fälle, sie benennt erste soziale Faktoren, die heute ins Zentrum vieler pädagogischer Überlegungen gerückt sind.

Zugleich erkennt Wagenschein aber auch an, dass die Innovationen der Meraner Reform immer noch Wirkung zeigen, dass vor allem die „Selbsttätigkeit“ im Sinne des „Arbeitsunterrichts“ (Wagenschein 1963: 67) erfolgreich eine Voraussetzung für persönliches Engagement der Lernenden geschaffen habe. Allerdings bestehe immer die Gefahr, dass diese Unterrichtsformen zur Routine, zum „Betrieb“ (Wagenschein 1963: 67) verkämen und unter zerstörerischem Zeitdruck durchgeführt würden – „wenn der Lehrer die Pflicht annimmt, nach 45 Minuten das ‚Ziel der Stunde‘ zu erreichen“ (Wagenschein 1963: 66).

Den Begriff ‚Stoff‘ lehnt Wagenschein ab, weil dieser immer an das unbedingt zu erreichende Pensum erinnere, statt dessen verwendet er „Gegenstand“ (Wagenschein 1963: 67), einen Begriff, der in der Tübinger Resolution eingeführt wurde: „Die Durchdringung des Wesentlichen der Unterrichtsgegenstände hat den unbedingten Vorrang vor jeder Ausweitung des stofflichen Bereiches“ (Tübinger Resolution 1963: 205). Lapidar merkt Wagenschein an: „Damit würde auch das Wort Stoff-Beschränkung hinfällig“ (Wagenschein 1963: 66).

Der ausgewählte Gegenstand steht im Mittelpunkt, er bildet das Exemplarische, auch wenn die lernpsychologischen Schlussfolgerungen auf die Lernenden zielen: Es sei bedeutsam, dass er sich, in der „Gegenstands-Erschließung“ durch die Schüler, immer „auf größere Problemkreise erstreckt, also sozusagen strategisch und nicht nur taktisch eingesetzt wird“ (Wagenschein 1963: 67). Mit der Vorstellung, dass ein Gegenstand sich beispielhaft ausweitet (in Wagenscheins Sinn exemplarisch oder paradigmatisch ist) behält er gegenüber der ‚Erschließung‘ durch die Lernenden weiterhin eine sozusagen autonome Rolle, er wird wertgeschätzt und ist nicht nur ein Fragment des Wissens, das als Grundlage für Kompetenzen der Individuen fungiert. Somit werden exemplarische Inhalte gleichsam „von den Lernenden als ‚*Einzelkristalle des Verstehens*‘ zunächst ‚aufbewahrt‘ werden, damit sie im Fortgang des Lehrgangs verbunden und begrifflich fokussiert werden können“ (Köhnlein 2022: 250f.).

Das Exemplarische ist in zwei Stufen zu reflektieren. Deren erste ordnet Wagenschein innerhalb des Curriculums dem Beginn des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu und dessen Verlauf bis zum Ende der Mittelstufe. Der rahmende Vorgang entspricht dem, den er in „Natur physikalisch gesehen“ der Neugier und dem Fassungsvermögen der ‚Kinder‘ zugeordnet hat. Die zweite Stufe wird der Oberstufe zugeordnet, allerdings sollte der Übergang fließend sein. Wenn Neugier und Findigkeit in der Erarbeitung der ersten Stufe nicht bereits angelegt sind – Wagenschein spricht von „anbahnen“ (Wagenschein 1963: 70) –, bleiben sie später schwer einzuführen.

Das Exemplarische konzentriert sich nicht auf ein Beispiel, damit die Schüler wenigstens ein wenig vom Fach gelernt haben, sondern es konzentriert sich auf ein ausgewähltes Thema, welches stellvertretend für viele andere Einsicht gewähren soll. Die Jugendlichen lernen also schon beim ersten Thema (in begrenztem Umfang) das Fach kennen, nicht bloß einen Inhalt: „An einem Unterrichts-Gegenstand wird etwas klar, was auch an einem anderen klar werden könnte, was also über die Ebene dieser Exempla hinauslangt“ (Wagenschein 1963: 67). Im Wesentlichen nennt Wagenschein auf der ersten Stufe des Exemplarischen immer ‚die Methode‘ als das Übertragbare, das am Beispiel gelernt werden könne, um „das Gelernte [zu] übertragen auf andere Gegenstände“ (Wagenschein 1963: 67). Trotz der Annahme der Übertragbarkeit verbleibt diese erste Stufe im „Horizont des Faches“ (Wagenschein 1963: 69), man könnte also zusammenfassen, dass

fachliche Detailkenntnisse, sowie darüber hinaus strukturelles und methodisches Wissen entstehen. Zentrale Lernziele sind „logische und experimentelle Strenge“ sowie „lückenloser und sauberer Nachvollzug der Gedanken“ (Wagenschein 1963: 70), beide „möglichst arbeitsunterrichtlich“, also selbsttätig schrittweise zu erarbeiten und dann im Rahmen des Lehrervortrags noch einmal nachzuvollziehen.

Die genaue Lektüre von „Natur physikalisch gesehen“ hatte gezeigt, dass Wagenschein nicht nur an die Subjektbildung im klassischen Bildungsparadigma anschließt, also Physik als etwas Ähnliches danebenstellt, sondern dass er dieses Modell voll und ganz – und wie selbstverständlich – gleichberechtigt anwendet. Auch wenn er im Kontext von „pädagogisch psychologischer Praxis“ die Wende zur Perspektive auf die Schülerpsyche und deren außerschulische Bedingungen vollzieht, ändert er seine Vorstellung von allgemeiner Bildung des Individuums nicht. Schon auf der ersten Modellstufe des elementaren Lernens zeigt sich dies, wenn von der Prägung eines methodischen Gerüsts die Rede ist, das auf die Behandlung anderer Gegenstände ‚ausstrahlt‘. Hier wirken sowohl das Konzept der universalen als auch der formalen Bildung nach. In Klafkis Modell der kategorialen Bildung ist exemplarisches Lernen vertreten, jedoch bleibt weitgehend offen, wie weit Einsichten in abstrakte Zusammenhänge ‚ausstrahlen‘ sollen. In Wagenscheins Sicht ist das ‚Ausstrahlen‘ die zentrale Funktion der zweiten Stufe, es reicht dort weit über die Übertragbarkeit methodischer Gesichtspunkte hinaus: „Hier aber muß der Grund tiefer gelegt werden: es ist nötig, daß der Schüler nicht nur als Intellekt, sondern als ‚*ganzer Mensch*‘ vom Gegenstand angeredet und auch erreicht, ja *betroffen* wird“ (Wagenschein 1963: 70). Im Fortschreiten von der Beobachtung zu ihrer methodisch strengen Verarbeitung, also der Abstraktion unter methodischen Vorgaben, soll jene Subjektveränderung gefühlt und eingesehen werden, die Litt als Unterwerfung des Subjekts und damit Selbstbeschränkung durch „Begrenztheit der Fachmethode“ (Wagenschein 1963: 71) charakterisiert hatte:

Nur dann kann er [der Lernende] spüren oder gar sich bewußt machen, daß die ‚Disziplin‘ des Faches auch ihn selber, den Menschen einschränkt; wodurch er eben den bestimmten fachlichen Aspekt der Wirklichkeit zu Gesicht bekommt, von dem er sich nun reflexiv zu distanzieren lernt (Wagenschein 1963: 70).

Die Bewusstwerdung der methodischen ‚Scheuklappen‘ tritt ein im Kontrast zur Vielfalt der erfahrbaren Lebensumgebung. Wagenschein versetzt die imaginierten Lernenden nicht in ein Kontinuum von methodisch unterschiedlichen Fächern, sondern in eine ‚wirkliche Welt‘, die komplex ist. Das Exemplarische bekommt in diesem Kontext eine erweiterte Sinndimension, weil es jedes Fach als nur einen Teil möglicher Erkenntnis, als eine eingeschränkte Perspektive deutlich werden lässt:

Das ‚Ganze‘, von dem die Rede war, ist die ‚Wirklichkeit‘: Die ‚Fächer‘ entwickeln immer nur einseitige Bilder [...] Die fachlichen Bilder sind alle nicht primär ‚wirklich‘, aber sie kommen alle von der Wirklichkeit her, wenn sie ‚echt‘ sind. Sie stammen von ihr ab (Wagenschein 1963: 70).

‚Welt‘ wird hier realistisch verstanden, sie bildet die tatsächliche Grundlage für Beobachtung und Erfahrung. Ein Bekenntnis zum wissenschaftstheoretischen Realismus oder Positivismus stellt dieser Begriff nicht dar, es „bleibt unberührt, ob auf die Frage nach einer ‚Welt an sich‘ im Sinne des Positivismus verzichtet oder ob sie der Metaphysik übergeben wird“ (Wagenschein 1965/1949: 94). Die Verbindung zu dieser Welt, die aus der sinnlichen Wahrnehmung hervorgeht, ist eines der wesentlichen Anliegen, das in der Rezeption von Wagenscheins ‚Exemplarischem‘ seitdem eher nicht mitvollzogen wurde:

Was wir brauchen, um die zweite Stufe des exemplarischen Lehrens zu gewinnen, ist aber: in jedem Falle mit der uneingeschränkten Wirklichkeit zu beginnen und von da aus den Weg zu der jeweilig einseitig ausgerichteten Nachbildung möglichst mit Bewußtsein zu gehen (Wagenschein 1963: 70).

Die Deutung des Weltbegriffs in einer heute üblichen pädagogischen Auffassung als Lebens- oder Alltagswelt von Lernenden unterbindet Wagenschein mit dem Zusatz: „Das ist nicht dasselbe wie ‚Lebensnähe‘ (Wagenschein 1963: 70f.). Es geht auch nicht um Anwendungsfälle in einer Alltagsumgebung, sondern um einen – um Wagenscheins Wortwahl aufzugreifen: ‚tiefen‘ – ‚Ernst‘ dessen, was an Erkenntnis aus ‚der Welt‘ hervorgeht (vgl. Wagenschein 1963: 71). Auf die Vorstellung, der Welt und vor allem der Natur müsse mit „Ehrfurcht“ (Wagenschein 1953: 25) begegnet werden, wurde bereits hingewiesen. Diese Haltung wird heute kaum zu vermitteln sein, da in mehr oder weniger allen Wissensbereichen stets auf die Verfügbarkeit und Beherrschbarkeit der Gegenstände abgezielt wird. Diese Haltung sieht Wagenschein bereits in der üblichen

dogmatischen Unterrichtsmethode abgebildet. Statt dessen wiederholt er eine Forderung, vom unbekanntem Gegenstand auszugehen:

Keinen Gegenstand sollte der Lehrer unterrichten nur auf die logische Struktur des fertigen Gebäudes seines Faches [...] Vorher muß er ausschließlich darauf sehen [...] wie der Gegenstand seines Faches sich eröffnet hat in der Geistesgeschichte und wie er sich – ähnlich – jedem Neuankömmling erschließt [...]: wie aus der Wirklichkeit die besondere Nachbildung gewonnen wird, die der Disziplin des Faches entspricht“ (Wagenschein 1963: 84).

„Geistesgeschichte“ ist hier nicht als Verweis auf Diltheys Methodenlehre zu verstehen, sondern als Entdeckungs- oder Ideengeschichte – in der heute üblichen Terminologie dürfte es wohl auch Wissensgeschichte heißen, allerdings nicht im Sinne von Geschichte des verfügbaren Wissens, dies entspräche eher der Technikgeschichte. Dieser Ansatz ist tief in Wagenscheins Konzept verankert, deshalb kommt er in ganz unterschiedlichen Kontexten immer wieder auf Galilei, Newton und andere zu sprechen – und gerade auch auf Goethe, weil dessen naturwissenschaftliches Denken nicht geradewegs in die Mathematisierung führt, sondern „ganzheitliche“ intellektuelle Schlussfolgerungen zieht. Wie weit dieses Vorgehen von den fachlichen, ja weltanschaulichen Gegebenheiten eines zeitgenössischen und erst recht heutigen naturwissenschaftlichen Weltbildes entfernt ist, weiß Wagenschein sehr genau, vor allem dass dies „den (leider immer noch fachspezialistisch ausgebildeten) Lehrer befremden“ (Wagenschein 1963: 84) werde. Er kennt auch die Einwände, dass dies „von naturwissenschaftlichen Lehrern bisweilen mißdeutet [werde] als ‚unwissenschaftlich‘, ‚rückschrittlich‘ oder ‚Steckenbleiben im Historischen““ (Wagenschein 1963: 84f.).

Wie weit Wagenschein mit der Forderung, bewährte Entdeckungszusammenhänge gewissermaßen naiv und ohne Vorwissen zu wiederholen, auch von der Geschichtsschreibung der Naturwissenschaft entfernt ist, kann ermessen werden, wenn man eine der heutigen populären Darstellungen der – gewöhnlich ‚große Entdecker‘ titulierten – alten Forscher zu Hilfe nimmt: Naturwissenschaftsgeschichte erscheint im Tunnelblick wie eine Abfolge geradezu notwendiger Schritte mit dem Ziel, im aktuellen Stand einen Kulminationspunkt intellektueller Überlegenheit erreicht zu haben. Bezugnehmend auf Wagenscheins Faust-Zitate könnte man, in seinem Sinne, diese Einstellung in die Worte des unbedarfte-dümmlichen Famulus Wagner fassen: „Wie wir’s

so herrlich weit gebracht“. Wagenschein verlangt, nimmt man seine Ausführungen beim Wort, Newtons fallenden Apfel nicht mit einer gewissen Herablassung als eine nette Anekdote zu tradieren, sondern diese und ähnliche Situation ständig neu zu erleben. In diesem sehr speziellen Segment des exemplarischen Lehrens und Lernens wirkt das Bildungskonzept der traditionellen Universalbildung des Subjektes nach.

## 6.5 Genetisches Lehren

Das ‚Exemplarische‘ wurde insgesamt weniger grundsätzlich verstanden, als es von Wagenschein gemeint gewesen war. Zu eindeutig erschien es als Gegenposition zur ‚Methodik‘, dem möglichst vollständigen systematischen Stoffkanon, auf den auch in der Nachkriegszeit die Wenigsten glaubten verzichten zu können (vgl. Hunger 1959: 10). Diesem einseitigen Verständnis wurde durch Vortragstitel Wagenscheins Vorschub geleistet, so „Das Exemplarische Lehren als Weg zur Stoffbeschränkung“ (1955). Daraufhin vertiefte Wagenschein die pädagogischen und lernpsychologischen Aspekte in weiteren Vorträgen, mit der Zeit wurde ‚exemplarisches Lehren‘ durch ‚genetisches Lehren‘ ersetzt. Diese Benennung setzt den Vorgang semantisch nicht mehr in Bezug zum Stoffkanon, sondern zum Lern- und Lehrprozess. Dass nun der Begriff ‚Lernen‘ in Wagenscheins Texten seltener auftritt, belegt eine pädagogische Wendung in seiner Perspektive, er greift die didaktische Sichtweise auf und richtet seine Argumentation mehr und mehr auf die Haltung der Lehrpersonen und die Lehrerfortbildung aus. Vermehrt kommt Kritik an zu kurzen Schulstunden zum Ausdruck („weil unsere Lehrerausbildung nicht Geduld lehren darf“; Wagenschein <sup>7</sup>1982: 62), nicht mehr nur der Hinweis auf insgesamt zu wenig Physikstunden im Stundenplan. Genetisches Lehren als didaktisches Konzept wird in einer Form entfaltet, die als Vorschlag für grundlegende Unterrichtskonzepte verstanden werden kann (und soll).

Dabei geschieht genetisches Lehren und Lernen in idealer Form, wenn Lernende die Enträtselung eines Problems in ähnlicher Weise nachvollziehen, so wie diese Lösung ursprünglich gefunden wurde. Dazu soll die Problemfrage vor die Schülerinnen und Schüler gestellt werden, wie sie vor der Menschheit stand, bevor sie wissenschaftlich entschlüsselt war (vgl. Wagenschein <sup>10</sup>1992: 126f.). Lernende können dann im Duktus

des Unterrichtsfortganges nachvollziehen, wie die Lösung der Fragestellung ursprünglich geworden ist - sie können in diesem Sinne von Neuem am Werden der Antwort auf einen zentralen Wissensgehalt (sonst wäre er ja nicht zugleich exemplarisch) teilhaben. Auch genetisches Lehren in diesem wortwörtlichen Sinne stellt den Entdeckungszusammenhang am Gegenstand an den Anfang. Der Gegenstand ist ein Beispiel oder Ausschnitt aus der ‚Sache‘, idealerweise eine Naturerscheinung, nicht die Darlegung von „Denkwerkzeugen, die zu diesem Zweck (dem Schüler nicht erkennbaren Zweck) [...] eingeübt werden“ (Wagenschein 1982: 59). Während der Wahrnehmung des Gegenstandes beobachtet Wagenschein spontane Gedankenbildung der Schüler, die dem Denkprozess entspreche, den die Lehrpersonen nicht unterdrücken dürften. Schüler befinden sich in dieser Situation in einem anderen inneren Zustand als im Normunterricht, den Wagenschein wie folgt charakterisiert: „Der Lehrer: straff, drängend, zielbewußt auf sicheren Pfaden. Die Schüler zugespitzt, aufpassend, willentlich und intellektuell angespannt, wendig und folgsam [...] Aber: Kein echter Kontakt mit dem Gegenstand, keine Herausforderung des Lernenden durch ihn“ (Wagenschein 1963: 85).

Dies ist gewissermaßen das Credo im Kontext des Genetischen: Unvoreingenommene Aufmerksamkeit (mit der Folge der Neugier) entstehe erst durch den sinnlichen und erlebenden Kontakt zum Gegenstand. Um diese Konstellation möglich zu machen, müsse die stillschweigende Erwartung, dass alles im Unterricht thematisierte außerhalb des stattfindenden Unterrichts längst bekannt und verfügbar sei, ausgesetzt werden. Voraussetzung für Unvoreingenommenheit und damit Aufnahmebereitschaft der Lernenden ist die Offenheit des Unterrichts, sowohl was den Verlauf als auch die Ergebnisse angeht, die „Ungesicherheit des Lehrgangs“ (Wagenschein 1963: 90): „Der Lehrer muß das Thema so stellen, daß er selber sich anstrengen muß; daß er bei Beginn nicht ganz weiß, wie es weitergeht und endet [...] er muß jedesmal wieder staunen können“ (Wagenschein 1963: 90). Die Bezeichnung ‚staunen‘ ist tragend für die Voraussetzungen des genetischen Lernens, sie verweist einerseits auf die genannte Ehrfurcht, andererseits auf Aussparung jeglicher automatisch unterstellten Verfügbarkeit oder technischen Überlegenheit. Wagenschein nennt Letzteres „das Einerlei der Selbstverständlichkeit“ (Wagenschein 1965/1953: 231). Er geht davon aus, dass erfahrene Lehrkräfte derlei Konstellation ohnehin herbeiführen, dass sie aus eigener

Erfahrung, aus Empathie für ihre Lerngruppen und aus Unwillen gegenüber dem vorgeschriebenen Lehrpfad Neugier entfachen: „So manchen Lehrer gibt es, der in der Stille schon lange in dieser Weise der Schablone gelassen widerstrebt“ (Wagenschein 1963: 92). ‚Gelassen‘ zu ‚widerstreben‘ ist eine für Wagenschein typische Formulierung, er verabscheut es, sich ereifernd für Standpunkte einzusetzen, weil er den Ausgangspunkt jeglichen Lernens im Individuum der Lernenden ansiedelt und Diskussionen über die Planung von Unterrichtsstunden für desto verfehlter hält, je engagierter jemand darauf besteht. Anpassung an die jüngere Pädagogik, die aus der kritischen – auch gesellschaftspolitischen – Diskussion der zweiten Hälfte der 1960er Jahre hervorgeht, signalisiert 1968 die Titelgebung des Aufsatzes „Zum Problem des genetischen Lehrens“ (im Folgenden zitiert nach Wagenschein <sup>7</sup>1982). Als ‚Problem‘ hatte der Autor bis dahin die Elemente seiner Pädagogik nie bezeichnet, sondern sie immer positiv aus lebendigen Erfahrungen abgeleitet. Zuerst existierte für ihn beispielsweise kein ‚Problem‘, ‚Natur physikalisch zu sehen‘ – Ende der 1960er unterwirft er sich dem Zeitgeist.

Im Begriff ‚genetisch‘ führt Wagenschein die Bedeutung von ‚exemplarisch‘ mit ‚sokratisch‘ zusammen. ‚Genetisch‘ bezeichnet die Entstehung der Gedanken (Wagenschein grenzt dies ausdrücklich vom fertigen, als solchem rezipierbaren ‚Wissen‘ ab), ‚sokratisch‘ charakterisiert die Entstehungsweise im Gespräch. Die traditionelle Bedeutung von ‚genetisch‘, ‚entstehend‘ oder ‚aus-sich-selbst-entstehend‘, ist für die Zeitgenossen wohl noch selbstverständlich, bei aktueller Lektüre muss die heute geläufigere engere biologische oder medizinische Bedeutung ausgeblendet werden. Der sukzessive und komplexe Lernprozess als Genesis ist für Wagenschein grundlegend und allgemeingültig, er „gehört zur Grundstimmung des Pädagogischen überhaupt. Pädagogik hat mit dem Werdenden zu tun: mit dem werdenden Menschen und – im Unterricht als Didaktik – mit dem Werden des Wissens in ihm“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 55).

Genesis hat ihren eigenen Rhythmus; „ich sage nicht ‚zeitraubend‘ sondern – ‚mußfordernd‘ und deshalb von hohem Wirkungsgrad“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 55). Der Wirkungsgrad entsteht nicht durch den bloßen Zeitverlauf, sondern durch „Gründlichkeit“, also die vertiefende Erarbeitung. Durch diese Bestimmung unterscheidet sich jedes genetische Lehren prinzipiell vom „darlegenden“ Unterricht („straff, drängend, zielbewußt auf sicheren Pfaden [...]“; Wagenschein 1963: 85), der sein

systematisches Ziel in zugeteilten Bruchstücken von Unterrichtsstunden hinter sich bringen muss – „Tempo‘ lehren muß [...] Kurzstunden in wirrem Wechsel“ (Wagenschein<sup>7</sup>1982: 62). Vorsorglich sei noch einmal angemerkt, dass Wagenschein den traditionellen darlegenden Unterricht weder ablehnt noch für verzichtbar hält, dass er ihn aber aus pädagogischer Überzeugung für ungeeignet hält, die Genesis sowie das ‚Einwurzeln‘ von Wissen zu fördern oder zumindest zu begünstigen.

Genesis kehrt zu den Ursprüngen zurück, die für jeden lernenden Menschen immer wieder von Neuem entstehen: „Das exemplarische Lehren ist nicht möglich, wenn es nicht ein ursprüngliches Lehren ist“ (Wagenschein 1963: 92). Die Ursprünglichkeit, metaphorisiert auch als ‚Wurzel‘, auf das Individuum bezogen als ‚Erlebnis‘ und ‚Ergriffenheit‘ durch den Gegenstand, verankert Wagenschein immer wieder in seinem Bildungsbegriff:

Dieses ergriffene Ergreifen scheint mir das Kennzeichen des Bildungsprozesses zu sein. Und Kerschensteiners Grundaxiom, mag es auch in seiner Formulierung angreifbar sein, scheint mir doch insofern recht zu behalten, als der Mensch nur gebildet werden kann durch eine Begegnung, die ihn ergreift (Wagenschein 1965/1953: 229f.).

Bis hier wurden Lernende überwiegend als Individuen geschildert, die der Sache und im Unterricht dem Lehrer gegenüberstehen und sich scheinbar ausschließlich diesen Beiden gegenüber zu orientieren haben. Mit der Komponente des ‚Sokratischen‘ erhält der Begriff des ‚Genetischen‘ zusätzlich eine soziale und kommunikative Ausrichtung. Längere Ausführungen über das Sokratische hat Wagenschein nicht vorgelegt, er benutzt den Terminus im Sinne des Verständnisses von ‚sokratisches Gespräch‘ oder ‚Lehrgespräch‘, wie es im Philosophieunterricht der Zeit vorgetragen wurde.<sup>6</sup> Die Rolle des Lehrers – in Analogie zum bekannten Stereotyp des griechischen Philosophen (vgl. Bühler 2012: 139f.) – ist in Wagenscheins Unterrichtskritik schon mehrfach

---

<sup>6</sup> Ein konkreter Bezug kann bestehen zu Leonard Nelsons Publikation „Die sokratische Methode. Vortrag, gehalten am 11. Dezember 1922 in der Pädagogischen Gesellschaft in Göttingen“, der Platons Beschreibung der sokratischen Methode zitiert und kommentiert: „Er hat, wie es in der ‚Apologie‘ heißt, seine Mitbürger ‚ausgefragt, geprüft und ins Gebet genommen‘, nicht um ihnen lehrend eine neue Wahrheit zu vermitteln, sondern nur, um ihnen den Weg zu zeigen, auf dem sie sich finden läßt“ (Nelson<sup>3</sup>1931: 9).

charakterisiert worden, anregend für genetisches Lernen sei sie nur, wenn der Lehrer die Stunden ohne Zeitdruck und festes Stoffziel (mit „Geduld“) abhalte, ferner sich selbst auf das neugierige oder staunende Verhalten von Novizen einstelle.

In einer kurzen Betrachtung über „Stufen zur Freiheit des Gesprächs“ (Wagenschein 1965/1950) hat Wagenschein geschildert, wie schwierig es sei, die Fixierung der Lerngruppe auf die Lehrperson aufzubrechen. Dabei bestehe ein wichtiger Teil des sokratischen Gesprächs auch in einem wechselseitigen Austausch der Lernenden untereinander. Für Wagenschein war 1950 im Regelunterricht die Aufhebung der frontalen Unterrichtssituation in der öffentlichen Schule ein Anliegen. „Da sitzen wir [...] nun im Kreis oder im Hufeisen“ (Wagenschein 1965/1950: 131) stellt für ihn bereits eine Errungenschaft dar. Dies hat sich als Grundform des diskussionsorientierten Unterrichts bis heute vielerorts durchgesetzt, zumindest wissen alle um die Vorteile beim Gruppengespräch. Trotzdem, so Wagenscheins Erfahrung, neigen die Lernenden dazu, weiterhin zur Lehrperson zu sprechen und nicht zu den anderen Gruppenmitgliedern: „Wie eine Schar von Magnetnadeln tun sie immer alle dasselbe und wenden ihre Nasen streng dem Lehrer zu“ (Wagenschein 1965/1950: 131). Erst nach Ende der Unterrichtseinheit sprechen die Lernenden miteinander, „sie werden heftig, sie gestikulieren [...] Zuhörer sammeln sich [...] Sie reden Dialekt, sie gebrauchen wunderbare Wendungen“ (Wagenschein 1965/1950: 132). Nicht nur die Aussetzung autoritärer Strukturen, die der Pädagogik seitdem weitgehend selbstverständlich geworden ist, prägt die geschilderte Gesprächsszene, sondern auch die Wahl persönlicher Redeweisen und Ausdrucksformen. Darauf wird unten beim Thema ‚Physikunterricht und Sprache‘ zurückzukommen sein, hier steht erst einmal das persönliche Gespräch als unverzichtbarer Bestandteil des Sokratischen im Vordergrund.

Wagenschein kategorisiert diese Form des lernenden Austausches nicht allein auf das philosophische Lehrgespräch, sondern auch auf Vermittlungsformen physikalischen Wissens in der Frühen Neuzeit. In „Die pädagogische Dimension der Physik“ exemplifiziert er es an Galileis „Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend“ (wegen des Publikationsverbots für Galilei in katholischen Ländern 1638 im calvinistischen Leiden erstmals gedruckt). Er zeigt auf, dass die Dialogstruktur der Entfaltung neugieriger

Vermutungen und immer gezielter vorgehender Schlussfolgerungen dient, „den Kausalzusammenhang wunderbarer Erscheinungen eröffnet [...] die zuvor für unerklärbar und unglaublich gehalten wurden“ (vgl. Wagenschein 1995/1962: 41). Im genetischen Verfahren soll eine vergleichbare ‚Unschuld‘ der Beobachtung und Diskussion teil- und zeitweise wiederholt werden. Die Hürden dafür sind schon in den 1960er Jahren hoch, Wagenscheins empathische Emphase kann im Hinblick auf tatsächlichen Unterricht heute um so mehr nur schwer nachvollzogen werden.

## 6.6 Technik

Wagenschein sieht Physik konsequent als Natur-Lehre, den Bereich der Technik thematisiert er in diesem Zusammenhang nur zögernd. Das bedeutet nicht, dass er technikfeindlich argumentiert, seine Ablehnung resultiert aus der Reduktion auf die Grundlagen, auf Physik als (bildhaft-abstrakte) Beschreibung von Natur. Technik als Nutzung erkannter Naturgesetze tritt dahinter zurück, schon in „Natur physikalisch gesehen“ hieß es: „Jeder technische Gegenstand ist durch den erkennenden Geist hindurchgeschritten, bevor er als Ding der Außenwelt vor uns steht“ (Wagenschein 1953: 24). Dieses Diktum duldet nicht nur keinen Widerspruch, es klassifiziert den Physikunterricht, der sich vorrangig auf technische Beispiele stützt, als eine Art sekundärer Physik. Das Wort ‚Außenwelt‘ im Zitat, das Wagenschein im Bezug auf Natur niemals verwendet, bestätigt noch einmal den prinzipiellen Unterschied zur physikalischen Anwendung: Von der entdeckenden Wahrnehmung oder Beobachtung natürlicher Phänomene richtet sich der entdeckende Blick ‚dahinter‘, immer wieder durch Fausts ‚was die Welt im Innersten zusammenhält‘ bekräftigt, während das technische Erzeugnis stets außerhalb der natürlichen Phänomene steht und durch seine Konstruktionszeichnung oder Schaltpläne determiniert und vollständig durchschaubar ist. ‚Außen‘ ist in Wagenscheins Terminologie das von Menschen ‚Gemachte‘, ‚Innen‘ das ohne jegliches menschliches Zutun ‚Gewordene‘ (Wagenscheins übliche Bezeichnung ‚Geschaffenes‘ schließt eine religiöse Schöpfungsdimension ein, die hier nicht übernommen werden muss).

Wagenscheins klare Grundposition entspringt nicht dem Wunsch, Technik im Bildungsprozess zu ignorieren. Es geht auch nicht um eine Polarisierung zur einen oder anderen Seite hin, erklärte Technikverächter lehnt er als „Romantiker“ ab, ebenso wie er „Nur-Techniker“ (beide Wagenschein 1995/1962: 45) nicht als Physiklehrer akzeptieren würde. Er achtet nur auf die strukturellen Unterschiede zwischen primärer und sekundärer Erkenntnis, um einen klaren Begriff von Physik beizubehalten. Da er als Vortragender auch auf Kongresse mit technischer Themenstellung eingeladen wurde, hat er aus derartiger Perspektive das Verhältnis von Physikunterricht und Technik gelegentlich technikfreundlicher dargestellt, was seinen Begriff von Physik als „objektive Wissenschaft“ (Wagenschein 1965/1963: 504) zur Beschreibung von Natur jedoch nicht verändert. Unterricht allerdings solle den Anforderungen der Lebensumgebung Rechnung tragen: „Technik bestimmt die moderne Welt. Die Schule hat die Kinder dahin zu führen, daß sie diese moderne Welt verstehen und bestehen. Also: ein gründlicher, nicht zu knapp bemessener Physikunterricht, der die wichtigsten technischen Anwendungen einbegreift“ (Wagenschein 1965/1963: 504). „Einbegreifen“ freilich heißt nicht, den technischen Aspekt zum dominierenden Hauptgegenstand machen. Es handelt sich bei diesem Zugeständnis nicht um eine pragmatische Unterwerfung unter die ‚moderne Welt‘, vielmehr soll gerade diese Moderne durch den Einblick in die Transformation von Natur in Technik reflektiert werden: „Ist es der Schule erlaubt, sich die Konsumenten-Weltanschauung suggerieren zu lassen, wir ‚seien Leute von heute‘ und sonst nichts? Sind wir nicht auch im Technischen Getragene eines ehrwürdigen und tief zurückgreifenden geistigen Prozesses?“ (Wagenschein 1965/1963: 505).

Vor einem kulturgeschichtlichen Hintergrund bestimmt Wagenschein das Verhältnis von Physikunterricht und Technik im Kapitel „Physik – Handwerk – Technik“ von „Die pädagogische Dimension der Physik“ (1962; zitiert nach dem Neudruck 1995); einen Bezug findet er in Weizsäckers Definition der Physik als „Ehe zwischen Philosophie und Handwerk“ (Wagenschein 1965/1963: 506). Diese drei gesellschaftlichen Handlungsfelder stehen zueinander strukturell in einem Verhältnis, welches, wenn es nicht vorab geklärt wird, den Blick auf ein eigentliches Physik-Lernen ablenken kann. Im wenig später erschienenen lernpsychologischen Aufsatz nennt Wagenschein „die Technisierung des Lebens“ (Wagenschein 1963: 64) als Störfaktor. Auseinandersetzung

mit Technik im Physikunterricht heißt für ihn, die Natur neu hervorheben zu müssen, um den grundsätzlichen Unterschied zwischen beiden Bereichen im Bewusstsein zu halten. Dies gelte um so mehr, „wenn man bedenkt, wie sehr die Technik heute den Kindern zur zweiten Natur geworden ist (wenn nicht gar zur ersten)“ (Wagenschein 1995/1962: 140). Genau diese ‚zweite Natur‘, das menschengemachte Surrogat, vermittelt eine scheinbare ‚Selbstverständlichkeit‘ funktionierender Anwendung von Naturgesetzen, die die ursprüngliche Neugier erstickt. Wagenschein verwirft deshalb jene Akzeptanz von Technik als Naturersatz, die Hunger im selben Zeitraum als positiven Bestandteil des naturwissenschaftlichen Weltbildes festgestellt hatte: „Die Technik hat den Menschen aus seinen natürlichen Bindungen gelöst und ihn in eine neue, ja völlig neuartige Form der Bindung hineingeführt. Sie ist für den Menschen geradezu zur Umwelt geworden“ (Hunger 1959: 25).

In Wagenscheins Ausführungen finden sich Hinweise auf zeitgenössische Skepsis gegenüber der raschen Entwicklung der lebensbeherrschenden Technik („Romantiker“), ebenso wie Verweise auf ungebremsen diesbezüglichen Optimismus („Nur-Techniker“). Es handelt sich um mögliche Einstellungen, die unter heute weitaus stärker technisierten Lebensumgebungen an Bedeutung gewonnen haben und außerdem in vielen Bereichen zu polarisierenden gesellschaftlichen Auseinandersetzungen führen. Technik ist seitdem Stoffbestandteil des Physikunterrichts geblieben, ein allgemeinbildendes Fach Technik ist, zumindest in der Grundschule und am Gymnasium, nicht entstanden – Wagenscheins Überlegungen können heute unter ähnlichen aber wirkungsstärkeren Voraussetzungen als zu Beginn der 1960er Jahre nachvollzogen werden.

In der Reihe „Physik – Handwerk – Technik“ bestimmt er Unterschiede und Überschneidungen zwischen den drei Gebieten. Er geht aus von den Eindrücken, die Laien von der Ähnlichkeit physikalischer und technischer Tätigkeit haben können: „Wer einem experimentellen Physiker und einem experimentierenden Techniker von außen zusähe, würde schwer das Unterscheidende bemerken“ (Wagenschein 1995/1962: 36). Apparaturen und Messverfahren können ähnlich aussehen, was eine intuitive Unterscheidung für Schüler fast unmöglich macht: „Der Unterricht der Höheren Schule neigt dazu, solche messenden Versuche zu häufen, so daß dem Schüler die Trennung schwerfällt“ (Wagenschein 1995/1962: 38). Der wesentliche Unterschied liegt in der

Zielsetzung: Physik will entdecken, Technik erfinden – wobei Wagenscheins Begriff des Erfindens auch die Weiterentwicklung bestehender Konzepte umfasst, jedenfalls sollte dieser Teil des Erfindens als Verbessern im hochtechnisierten Zeitalter ebenfalls berücksichtigt werden.

Der Entdeckungszusammenhang besteht aus Fragen, die sich auf Unbekanntes richten und dabei von Bekanntem ausgehen: „Jede Frage benutzt das bisher Gewußte und Gefundene, und jedes gelungene [physikalische] Experiment läßt mich Neues dazu erfahren“ (Wagenschein 1995/1962: 37). Akzeptiert man dies als eine Definition von (Schul)Physik, wird klar, warum Wagenschein jeden Schüler den selbstständigen Entdeckungsvorgang erleben lassen möchte und den bloßen Nachvollzug, die vorschriftsmäßige Durchführung eines Experimentes zur Bestätigung eines vorgetragenen Satzes, für unzureichend hält.

Der Erfindungszusammenhang hingegen ist geprägt vom „technischen Denken“, welches nur bedingte Fragen stellt, nämlich nach den Bedingungen der Umsetzbarkeit von verfügbarem Wissen: „Es setzt die gelungene Entdeckung voraus. Sie wird jetzt ‚gebraucht‘. Aber man fragt ganz anders. [...] Man sucht nicht nach etwas Unbekanntem, man will etwas Bestimmtes, nicht: erfahren, sondern tun lassen“ (Wagenschein 1995/1962: 37). Noch stärker als in der naturwissenschaftlich-methodischen Weltbetrachtung, für die Litt festgestellt hatte, dass sie das betrachtende Subjekt ihren eigenen Gesetzen unterordnet, gilt hier die zwingende Unterwerfung unter die Gesetzmäßigkeiten des Bekannten. Die menschlichen Akteure sind fest an das gebunden, was sie bereits wissen, um dem Material ihr technisches Ziel abzurufen. Das Ziel verlangt, das ‚Innere‘ der Natur, soweit etwas darüber bekannt ist, nach ‚Außen‘ zu kehren, die Fragen sind nicht auf Ursprüngliches gerichtet, sondern auf den kleinen Teil, den Menschen sich daraus bisher unterworfen haben.

Wagenschein vergleicht die technische Entwicklung mit der Dressur eines wilden Tieres: „dieses Tier auf Grund meiner nun gewonnenen Erkenntnis seiner Natur [= Entdeckung] etwas von mir Gewünschtes tun lassen“ (Wagenschein 1995/1962: 37). Die Spannung des Entdeckens kommt nicht mehr vor, „[i]ch werde nie überrascht durch das, was die Natur nun im Apparat gebändigt tut“ (Wagenschein 1995/1962: 37). Um sein Modell der entgegengesetzten Haltungen von Physik und Technik idealtypisch zu konturieren, geht

Wagenschein nicht auf die Entdeckungen, die auf dem Gebiet technischer Entwicklung ebenfalls möglich sind, ein. Gerechtfertigt ist dies, weil technische Entdeckungen, die gewissermaßen beiläufig vor sich gehen, nicht dem gezielten Fragen, sondern mehr dem Zufall unterliegen.

Als Vorläufer von angewandter Technik charakterisiert Wagenschein auch „Handwerk“ historisch: Handwerk sieht er überall dort, wo sich Menschen einiger Hilfsmittel bedienen, ohne dabei abstrakte Kenntnisse planvoll-reflektierend anzuwenden. Er geht in die Vorgeschichte zurück und erinnert daran, dass auch Steinzeit-Menschen Schlag-, Stich-, Schneid- und Hebelwerkzeuge benutzt haben, danach auch „eine andere Kraft: des Tieres, des Wassers, des Windes, des Feuers“ (Wagenschein 1995/1962: 38). Später seien komplexe Gebilde aus Erfahrung immer weiter verbessert worden. Wagenschein wählt das Beispiel antiker Schiffe, ohne dass deshalb jedoch eine abstrakte Beschreibung oder mathematische Formeln vorgelegen hätten. Der Zuwachs an praktischer Erfahrung führt nicht automatisch zu abstrakten Einsichten oder gar ausformulierten oder quantifizierenden Regeln.

Für die Positionierung der Physik in der Geschichte menschlichen Tuns und Denkens sei trotzdem zunächst die gezielte Weiterentwicklung erfahrungsgestützter Werkzeuge oder allgemein Hilfsmittel entscheidend gewesen: Aus verallgemeinernden Fragen nach der Funktionsweise sei, in einem Schritt der Verwissenschaftlichung, die Frage nach den herrschenden Kräften entstanden. Mit der Kenntnis von deren Wirkungsweisen und der Messung ihrer Größe geht aus dem basalen Handwerk Technik hervor, allerdings über die Vermittlung durch Physik: „Handwerk ist das, woraus Physik werden konnte. Technik das, was ohne Physik nicht wäre. Handwerk mußte in der Physik erst gleichsam untertauchen, ehe es daraus als Technik wieder auftauchen konnte“ (Wagenschein 1995/1962: 41). In der Trias „Physik – Handwerk – Technik“ sieht Wagenschein Physik als Bindeglied zwischen rein erfahrungsgestützten und abstrakt-wissenschaftlich erweiterten oder verbesserten Anwendungen. Dies kann als pragmatische oder lebensweltliche Funktion der Physik verstanden werden, die jedoch die Grundstruktur des Entdeckens gegenüber dem Erfinden nicht modifiziert. Sie beschreibt eine Stellung der Physik in der Genese technischer Zivilisation, die von der universalistischen Kenntnisnahme von Natur im klassischen Bildungsparadigma abweicht. Litt hatte dies

als eine Wende zum Utilitarismus beschrieben, „die Relation ‚Mittel – Zweck‘ als ins Praktische transponierte Relation ‚Ursache – Wirkung‘“ (Litt 1952: 31), Wagenschein möchte dies jedoch als Basis für Physikunterricht hintan stellen.

Wagenschein betont an unterschiedlichsten Stellen seiner Schriften, dass die Einsicht in eine Mittel-Zweck-Relation zwar befähige, die Anordnung nachzuvollziehen, zu sehen, wie sie funktioniert, dass jedoch ein Verstehen unwahrscheinlich sei:

Wie ein Fahrrad aussieht und funktioniert (das Erkennen der Teile und ihres Ineinandergreifens), kann man nach der fachausbildenden Art klarmachen. Denn es ist eine Sache. Die Gefahrenzone beginnt sofort, wenn man versucht es zu ‚verstehen‘ (Wagenschein 1995/1962: 144).

Praktische ‚Fachausbildung‘ grenzt er, ganz dem Humboldtschen Modell treu, aus der allgemeinen Bildung aus.

Mit dem durchschaubaren mechanischen Aufbau des Fahrrades (der heute nach einigen Weiterentwicklungen nicht mehr im selben Maße leicht durchschaubar ist) hat die Technik im Lebensumfeld nicht ihr Bewenden. Das beschriebene Verhältnis von ‚primärer‘ und ‚sekundärer‘ Physik werde potenziert, wenn komplexere, industriell gefertigte Technik auftritt:

Was die Apparate und Maschinen der eigentlichen Technik von den einfachen Werkzeugen und Geräten des Handwerks abhebt, ist, daß sie nicht mehr recht durchschaubar sind. Es steckt zuviel Physik in einem Motorrad oder gar in einem Fernsehapparat (Wagenschein 1995/1962: 40).

Dabei handelt es sich um einen gesamtgesellschaftlichen Zustand, der auch berufliche Spezialisten betreffe. Kenner der Materie aus der Praxis arbeiten häufig ebenfalls, „ohne [die technische Funktion] bis auf den Grund, ‚bis untenhin‘, zu verstehen (Wagenschein 1995/1962: 40). Wenn aber Verstehen – zumindest teilweise – ausgeschlossen ist, wird die Funktionsweise zu einem einerseits geheimnisvollen, andererseits selbstverständlichen Vorgang. Beide Eigenschaften behindern die Neugier, den Entdeckungsantrieb, und schaffen eine Aura, die Wagenschein ‚Magie‘ nennt. Damit ist zunächst nicht gemeint, dass irgendjemand an Zauberei denkt, sondern dass eine ‚black box‘ akzeptiert wird, in welche die Mehrheit gar nicht hineinschauen will. Der Vorgang

wird von den Individuen nicht vorsätzlich in Gang gesetzt, vielmehr stellt er sich von selbst ein, wenn Neugier, logisches Vermögen und damit die Urteilsfähigkeit verdrängt werden: „So kommt es hier zu der falschen Magie, die von den technischen Apparaten höherer Kompliziertheit auf den Urteilslosen ausgeht“ (Wagenschein 1995/1962: 40).

Die Bezeichnung als ‚Magie‘ mag heute veraltet erscheinen. Allerdings kommt in Erzählungen älterer Zeitgenossen öfter zum Ausdruck, dass ursprünglich Überraschung (und Gruseln) zu den Wirkungen neuer Klassen von Apparaten geführt hatten. Heute wird die ‚Magie‘ eher von ‚Selbstverständlichkeit‘ überwogen, als Erwartung, dass Apparate zu funktionieren haben, ohne dass man weiß wie. Jeglicher Anflug von Magie wird wahrscheinlich durch den pragmatischen Umgang sogar ausgeblendet. Wenn magische Vorstellungen dazu führen, dass Menschen zurückschrecken oder sich bewundernd verneigen, führt beides zu einer Distanzierung vor etwas für sie Unerklärlichem, jedenfalls im Einzelnen nicht Nachvollziehbaren. Begegnen sie ihm wie selbstverständlich, geht das emotionale Verhältnis verloren, die persönliche Unzuständigkeit beim Verstehen wird habitualisiert – das Interesse für die technische Durchführung fällt aus dem Horizont der Neugierde heraus. Das heißt nichts anderes, als dass das rationale Weltbild, die Vorherrschaft der Methode, nach Wagenscheins Beobachtungen zurückgeht, sobald die Grundlagen für das Verstehen von Technik nicht mehr gegeben sind und auch nicht mehr verlangt werden. An die Stelle des methodischen Vorverständnisses tritt eine indifferente Hinnahme, die nur praxisbezogen auf den Effekt blickt. In diesem Umfeld wird die ‚Außenwelt‘ als unverständlich akzeptiert:

In demselben Maße, in dem wir echte Magie ablehnen, ja – in allerdings völliger Verkennung des Geltungsbereiches naturwissenschaftlicher Aussagen – für ‚unmöglich‘ erklären, ohne auch nur hinzusehen, in demselben Maße wird unser Unterbewusstsein dem Magie-Ersatz zugänglich (Wagenschein 1995/1962: 40).

Wagenschein beschreibt somit bereits auf dem Stand von 1965, wie technisierte Lebenswelt letztlich irrational und ohne durchdachte Gründe zur hingenommenen Normalität wird. Die darin unterstellte Selbstverständlichkeit technischer Beherrschung der Lebenswelt, rückt die Natur, von der alles ausgeht, im Bewusstsein in den Hintergrund. (Wie weiter unten dazustellen sein wird, hat dies auch Auswirkungen auf den in der Öffentlichkeit verwendeten Naturbegriff: Anstatt mit ‚Ehrfurcht‘ wird der

Natur mit dem Anspruch auf Domestizierung begegnet). Hier erhält Wagenscheins Begriff der ‚Ehrfurcht‘ noch einmal Bedeutung, diese Haltung drückt die Anerkennung der überlegenen Natur aus. Hochachtung vor technischen Konstruktionen hingegen gründe nur auf „Respekt vor unserem findigen Verstand“ (Wagenschein 1995/1962: 38).

## 6.7 Physik und sprachliche Darstellung

Was aktuelle Didaktik besorgt anmerkt, dass nämlich viele Schüler physikalische Sachverhalte nicht auf dem Niveau einer Standard-Unterrichtssprache darzustellen vermögen, behandelt Wagenschein auf seine Weise sehr gründlich. Sein Ausgangspunkt ist allerdings keine Klage darüber, dass Lernende keine ausreichende Beherrschung einer gehobenen Standardsprache (heute meist als ‚Bildungssprache‘ bezeichnet) mitbringen. Im Gegenteil: Zwang zu einer Redeweise, die eher an schriftsprachlichen Normen orientiert ist und eventuell sogar Elemente einer Fachsprache enthalte, behindert in seinen Augen den fachlichen Lernprozess.

Wagenschein stellt die sprachliche Fassung von Erkenntnissen – nicht des Stoffes – analog zu den Stufen im Lernprozess (Neugier, Findigkeit, Abstraktion etc.) auf mehreren Ebenen zur Diskussion. Er hält die sprachliche Fassung auch nicht für ein äußeres ‚Problem‘, für etwas, das neben oder zusätzlich zu Physik virulent ist, sondern für einen untrennbaren Bestandteil der Lernprozesse überhaupt, für „das Werden, das Erwachen geistiger Kräfte, sich am wirksamsten im Gespräch vollzieht“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 55). Der von Wagenschein idealiter vorgeschlagene Gesprächscharakter des sokratischen Lehren und Lernens im Dialog wurde bereits hervorgehoben, Wagenschein beobachtet aber auch andere Formate der Äußerung: Selbstgespräch (im Stillen oder auch laut), diverse Formen der Mündlichkeit (als Gespräch mit Gruppenmitgliedern, mit Lehrpersonen oder gegenüber Dritten) und schließlich Schriftlichkeit. Verschriftlichung führe zur weiteren Klärung der Aussage und verbessere die Darstellungsfähigkeit abstrakter Zusammenhänge, sei aber prinzipiell nachgeordnet – wer mündlich nicht in der Lage ist, seine Gedanken auszudrücken, könne sie auch nicht niederschreiben.

Wagenschein kommt zu Schlussfolgerungen, die in Sprachdiskussionen der heutigen Didaktik ungewohnt klingen. Für ihn ist Sprache nicht ein Zeichensystem, das der Welt

und den Sprechern gegenübersteht und von ihnen wie ein Instrument vorsätzlich benutzt wird, um Sachverhalte auszudrücken, die auch ohne Sprache bereits als Vorstellungen im Bewusstsein wären. Diese Haltung findet sich in der aktuellen didaktischen Literatur (vgl. Pineker-Fischer 2015: 32ff.). Sinnliche Wahrnehmung oder experimentelle Entdeckung der Natur, Denken und darüber Sprechen gehören für Wagenschein hingegen im Lernprozess untrennbar (und damit keineswegs mittelbar oder distanziert instrumentell) zusammen: „Die physikalische Auseinandersetzung mit der Natur [...] ist nicht nur stets ein Tun, sondern [...] immer auch ein Denken [...] Damit zusammen aber zugleich auch ein Sprechen“ (Wagenschein 1995/1962: 130).

Daraus folgt, dass Denken – und folglich Verstehen – ohne Sprachstrukturen nicht geschehen kann. Die grundsätzliche Frage, ob Gedanken prinzipiell eines Zeichensystems (u. a. der Sprache) bedürfen, um überhaupt gedacht zu werden, wird in vorliegender Arbeit nicht weiter verfolgt – Wagenschein neigt zu dieser Auffassung. Er verstärkt sie noch dadurch, dass die Sprach-Gedankenstruktur nicht nur im Stillen (‚im Kopf‘) ausgeprägt wird, sondern immer auch in der Äußerung, der Mitteilung an andere, im dialogischen Verfahren.

Der Gegenstand, seine sinnliche Betrachtung und seine intellektuelle Erfassung müssen im Denken sprachlich ‚begriffen‘ werden, um überhaupt einem Verständnis, einer prüfenden oder erklärenden Reflexion und dem Gedächtnis zugeführt werden zu können. Wagenschein verwendet den Ausdruck ‚begreifen‘ mit Bedacht, weil darin auch in der kognitiven Tätigkeit das semantische Element des Haptischen mit enthalten sei: „Der Begriff entsteht aus Wort und Griff zugleich“ (Wagenschein 1995/1962: 130). Das ist keine bloße Wortspielerei. Anmerkungen wie diese kommen in Wagenscheins Texten oft vor, sie belegen, dass er während der Reflexion des didaktischen Verfahrens beständig Sprache einbezieht, über sie implizit nachdenkt und sehr bewusst mit ihren Möglichkeiten, prozessabhängigen Anwendungsmodi und Grenzen umgeht. ‚Grenze‘ bezeichnet hier vor allem jene Sprachhandlungen, an denen Äußerungen nicht mehr zur sinnlichen oder logischen Erfassung eines Gegenstandes durch ein Individuum beitragen, sondern schematisches Auswendiglernen signalisieren: „so spaltet man die Aufmerksamkeit von der Sache ab und züchtet leere Worte“ (Wagenschein 1995/1962: 132).

Die Reflexion über die sprachliche Form des Physiklernens ist unmittelbar angebunden an Wagenscheins Modell aus sinnlicher Wahrnehmung, betrachtender schrittweiser Abstraktion und der folgenden Zusammenfassung in generalisierenden Feststellungen bis hin zur Mathematisierung. Diesen drei Schritten – aus denen hier zur Vereinfachung das Stadium des Experimentierens, der gesteuerten Beobachtung, ausgeklammert wurde – korrespondieren nach Wagenscheins Erfahrung drei unterscheidbare Phasen der sprachlichen Fassung (als ‚Denken‘) und Wiedergabe (als Äußerung):

I. persönliche Alltagssprache,

II. standardisierte Sprache,

III. Fachsprache.

In der Linguistik werden derartige situations- oder gegenstandsgebundenen Redeweisen als ‚Varietäten‘ oder ‚Register‘ bezeichnet, sie alle bleiben auf das Funktionsgerüst eines einheitlichen Sprachsystems bezogen (vgl. Kessel / Reimann <sup>5</sup>2017: 157ff.). Sie weisen deshalb in der Tiefenstruktur keine prinzipiellen Unterschiede auf, sondern bilden nur verschiedene Realisierungsformen der Rede in Abhängigkeit von der Kommunikationsgemeinschaft, der -situation und dem Thema.

Für Wagenschein gibt es im Unterricht nichts Physikalisches, das von sprachlicher Darstellung abgetrennt sein könnte. Er geht davon aus, dass jeder Lernende mindestens Phase I und II durchlaufen müsse, um überhaupt etwas Physikalisches verstehen zu können. Alles Elementare ist zu Beginn an das Sprachregister der Phase I gebunden. Wagenschein nennt es oft ‚kindliche Sprache‘, dies sollte nicht als Verweis auf Vor- oder Grundschule verstanden werden, sondern auf die Altersgruppe der 13- bis 15-Jährigen, auf die Wagenschein es explizit anwendet. Dass diese Jugendlichen heute nicht mehr ‚Kinder‘ genannt werden, zeigt nur eine Bedeutungsverschiebung in der lexikalischen Konvention, nicht im Lernalter. In zugespitzter Formulierung könnte daraus geschlossen werden, wer etwas überhaupt nicht sagen kann, hat es auch nicht als Vorstellung im Kopf:

Dabei ist das eigentlich ‚physikalische‘ Verstehen und Formulieren [= Phase III] erst zuletzt da. Was vorausgeht, sagen wir: die ‚Vorphysik‘, ist nun aber nicht ein armer Verwandter, nicht das Ergebnis einer beklagenswerten Unreife [...] sondern sie ist die große Ahne, der Boden, aus dem allein Physik hervorgehlockt werden konnte und kann (Wagenschein 1995/1962: 130).

‚Hervorgehlockt werden konnte‘ bezieht sich einerseits auf Lernende in der Schule, andererseits sinngemäß aber auch auf die physikalischen Entdecker des späten Mittelalters und der Frühen Neuzeit. Aus ihren überlieferten Äußerungen zitiert Wagenschein viele Stellen, an denen sie ihre persönliche Verwunderung, ihre vorläufigen Eindrücke und auch ihre Gefühle mitteilen, ohne deshalb notwendig zu festen sachbezogenen Aussagen zu kommen. Trotzdem handele es sich um eine unverzichtbare Form des kognitiven Zugriffs und seiner zeichenmäßiger Erfassung (Repräsentation): „Das physikalische Verstehen ist im Menschen wesensmäßig angelegt und entsteht in jedem Kinde neu und wieder“ (Wagenschein 1995/1962: 130); dementsprechend muss jedes Individuum ‚von vorn‘ anfangen, um erste Anschauungen aufzunehmen und zugleich auszudrücken (auf die Verbindung zum Vorgang der ‚Einwurzelung‘ sei noch einmal hingewiesen).

Wagenschein protokollierte unzählige Male die begleitenden Sprachäußerungen von Jugendlichen, wenn sie sich beobachtend einem vorgegebenen Gegenstand näherten. Als Beispiel zitiert sei ein Zwiegespräch zweier Mädchen (13- und 14-jährig) anlässlich von Versuchen mit Magneten:

A: Da ist etwas drin. Wenn man an die Stecknadel den Magneten bringt, dann ist die auch so. Das wird so gemacht.

B: Das geht ganz durch.

A: Das geht von dem [Magneten] bis ganz hinunter. Dann ist dann das Ganze wie angesteckt von dem Magneten.

[...] (Wagenschein 1995/1962: 131).

Dieses Zwiegespräch, das auch in einer Gruppe als Diskussion geführt werden könnte, äußert das die Beobachtung begleitende Denken. „Ihre Worte wollen noch nicht etwas ‚formulieren‘, sondern sind Ausdruck des Suchens selbst“ (Wagenschein 1995/1962: 131). Die Rede dokumentiert das Prozesshafte, wobei die Erklärungssuche nicht notwendig in der Gruppe erfolgt, sondern auch als „produktives Denken [...] einsam“ (Wagenschein 1995/1962: 131) geschehen kann. Jedenfalls muss jede beteiligte Person letztlich das Verstehen für sich einzeln vollziehen, Wagenschein besteht jedoch auf die Voraussetzung des ‚vorphysikalischen‘ Artikulierens; ‚Einwurzeln‘ gelingt nur in einer

vertrauten Sprachvarietät, denken nur in bewährten Zeichenstrukturen. Beides kann durchaus im Dialekt erfolgen, eine Bindung an das geläufige, alltägliche Sprachregister ist wesentlich, ebenso wie die persönliche, „kindliche“ [=jugendliche] Prägung (vgl. Wagenschein 1995/1962: 132). Alltägliches Sprachregister heißt bei Wagenschein, die vom Individuum täglich benutzte Sprachform, nicht ein Konstrukt von ‚Alltagssprache‘, wie es die Linguistik verallgemeinernd zur Klassifizierung des überindividuellen Gebrauchsrahmens benutzt. Dieser Vorgang dürfe nicht gestört werden, auch die Lehrperson, falls sie eingreifen muss oder will, „rede nicht in wohlgebauten Sätzen und nicht entfernt in der Fachsprache“ (Wagenschein 1995/1962: 132).

Phase II der sprachlichen Fassung dient dem „Formulieren“ – Wagenschein meint dies wörtlich als ‚in Form bringen‘ oder sogar ‚in Formeln fassen‘. Als Voraussetzung muss das Verständnis des Beobachteten oder Vorgefundenen bereits gegeben sein, „man sieht klar, hat verstanden [...] Das Sprechen ist nun ein ganz anderes“ (Wagenschein 1995/1962: 132). Der Strukturunterschied stützt sich auf den durchlaufenen Denk- und Erkenntnisprozess, der Inhalt wird nun distanziert, im Rückblick, allgemein dargelegt: „Auch in dieser Phase muß in der Muttersprache gesprochen werden [...], aber persönlich und lebendig, zugleich aber nun genau und sachlich“ (Wagenschein 1995/1962: 132). Wagenschein betont die Nähe zur Ausdrucksweise, in der die Sprachkommunikation gewöhnlich abläuft. Zugleich merkt er an, dass die ‚Formulierung‘ des Verstandenen auch in schriftlicher Form niedergelegt werden kann (vgl. Wagenschein 1995/1962: 133). Dies sei eine gute Übung, um die sachliche und zugleich persönliche Ausdrucksweise überlegt anzuwenden. Wagenschein teilt die Auffassung vieler Didaktiker, dass letztlich jeder Sachunterricht auch Sprachunterricht sei, er bezieht sich ausdrücklich auf einschlägige sprachwissenschaftliche Forschungsliteratur seiner Zeit (vgl. Wagenschein 1995/1962: 134), jedoch versteht er Sprachunterricht als schrittweisen Übergang vom Eigenen zum Abstrakten: „Erst erfahre es, dann sage es beteiligt, schließlich fasse es nüchtern“ (Wagenschein 1995/1962: 138).

Durch die Beschreibung der sprachlichen Gestaltung des Lernens als geäußertes Wahrnehmen und Denken dokumentiert Wagenschein den Bildungsbeitrag des Physikunterrichts, zugleich der Physik überhaupt in Bezug auf eine Allgemeinbildung: Indem keine sprachliche Barriere besteht zwischen der Aufmerksamkeit der Lernenden

(der sich bildenden Subjekte) und dem noch nicht methodisch überformten Gegenstand (naive Beobachtung der Natur), dringt das Verstehen von Beginn an in die Subjektsphäre ein, wobei das in aktueller Fachdidaktik missbilligend betrachtete ‚Subjektive‘ kein bedauerliches Überbleibsel irgendeiner Lebenswelt ist, sondern die Schnittstelle zwischen Mensch und Natur (oder auch Technik): „Man darf es dem Kinde nicht so darstellen als sei der Übergang vom persönlichen, bewegten Stil zum sachlichen, knappen und nüchternen ein Fortschritt schlechthin“ (Wagenschein 1995/1962: 138).

Schon im Vorwort zu „Natur physikalisch gesehen“ erwähnt Wagenschein das Problemfeld: „Die ‚wissenschaftliche‘, die ‚exakte‘ Sprache ist ein Ziel, aber kein Anfang“ (Wagenschein 1953: 3). Wenn er an anderer Stelle immer wieder betont, es existiere keine erkennbare ‚Natur an sich‘ – weshalb der Mensch ihr auch kein ‚inneres Wesen‘ zuschreiben könne –, dann meint er hier um so nachdrücklicher, Physikunterricht eröffne den Zugang zur ‚Natur für mich‘. Die kantianischen Formeln sind kein Zierrat einer Bildungs-Rhetorik, sondern beschreiben die Situation aus der Sicht der wagenscheinschen Lernpsychologie. Persönliche Sprachregister sind Ausdruck des ‚für mich‘ und damit der Aneignung von Erfahrungen, der ‚Einwurzelung‘, der ‚Genesis‘, die erst nachträglich zu distanzierenden wissenschaftlichen Erkenntnissen geklärt werden können.

Phase III, die „genormte Fachsprache“, sei in der Schule nicht notwendig. Sie sei „nicht ausdrücklich zu lehren, sondern sozusagen ‚einreißen‘ zu lassen“ (Wagenschein 1995/1962: 133), das „eigentliche Ziel in allen allgemeinbildenden Schulen ist Phase II“ (Wagenschein 1995/1962: 132). Die höchst unspezifische Formulierung ‚einreißen lassen‘ verweist auf Wagenscheins Erfahrung, dass die Lernenden sich fachsprachliche Elemente – ganze Sätze und ein paar Spezialwörter sind noch keine Fachsprache – angewöhnen, ohne dabei einer normierten Anforderung unterworfen zu werden. Im Zwang entstünden vielmehr neue Risiken: Deshalb verwendet Wagenschein sehr viel mehr Platz für eine Aufzählung von Missverständnissen und Lernhindernissen, die sich aus fachsprachlichen Elementen ergeben können. Fachsprache bleibt jedenfalls der Oberstufe vorbehalten und steht in Verbindung mit Formeln und Mathematisierung, die sich in Standardsprache nicht korrekt umschreiben lassen. Die Kürze und Treffsicherheit der normierten Fachsprache bilde bei Fortgeschrittenen allerdings „geistige Zucht“ aus

(Wagenschein 1995/1962: 135 mit Bezug auf Kerschensteiner 1953: 49) und trenne das Verstehen erstmals von der subjektiven Sphäre der Individuen ab.

Kritisch bleibt Wagenschein gegenüber Phase III im Schulunterricht weiterhin. Er befürchtet weniger, dass standardsprachliche Metaphern das physikalische Verständnis beeinträchtigen (wie im stets zitierten ‚die Sonne steigt über den Horizont‘), vielmehr befürchtet er irrige Vorstellungen, die sich durch wörtlich genommene Fachausdrücke im Gedächtnis festsetzen. Dies könnte beispielsweise bei ‚magnetischer Abstoßung‘ geschehen, wenn Schüler sich dabei einem mechanischen Stoß vorstellen (vgl. Wagenschein 1995/1962: 135). Prinzipiell schädlicher aber sei die voreilige Einführung von fachsprachlichen Begriffen durch Lehrpersonen, weil dadurch die persönliche Aneignung des Gegenstandes durch eigensprachliches Denken verhindert würde (‚der fruchtbare Boden abbetoniert‘; vgl. Wagenschein 1995/1962: 132) und zugleich deren unverstandenes Hersagen eingeübt werde. Wagenschein bebildert den letzteren Gedanken wieder einmal mit einem Aphorismus Lichtenbergs, der vom unverstandenen ‚Apportieren einiger Wörter‘ spricht (vgl. Wagenschein 1995/1962: 132).

Wie Wagenschein naturwissenschaftliche Fachsprache im Verhältnis zu nicht-spezialisierten Varietäten bewertet, zeigen auch seine beiläufig erscheinenden Bewertungen: Fachsprache sei „steril“ und von einer ‚sauberen Leere‘ (vgl. Wagenschein 1963: 84). Dies begleitet, bezogen auf den allgemeinen Bildungsprozess, jene Unterwerfung des Subjektes unter die methodischen Regeln der Naturwissenschaften, die Litt festgestellt hatte. Wagenschein möchte die Verfestigung dieser Grenze um jeden Preis vermeiden, ‚jeder Preis‘ umfasst auch die Nicht-Spezialisierung bis zum Abitur. Geprägt ist diese Haltung von Wagenscheins Bildungsoptimismus, er erwartet Neugier, Findigkeit und Einwurzelung von der selbstbestimmten Umgangsweise der Lernenden mit dem Gegenstand. Da Denken für Wagenschein in einer sprachlichen Fassung zunächst sinnlicher und dann logischer Operationen besteht, müssen diese Operationen, wenn sie die Individuen prägen sollen, „in der ihnen eigenen, altersgemäßen Sprache“ vor sich gehen, „wenn wir sie reden lassen, wie es in ihnen denkt“ (Wagenschein 1963: 84). An Stellen, wo Wagenschein diesen Gedanken verfolgt, ist er im Grunde weit von normativen Verpflichtungen entfernt, Fachunterricht sei zugleich Sprachunterricht – genau wenn keine sprachlichen Mühen oder Fremdheitsgefühle das Denken überlagern,

findet die Aneignung fachlicher Exempla ungehindert statt, die Erprobung geeigneter Ausdrucksweisen geschieht nachträglich und immer im jeweiligen Sprachhorizont der Lerngruppe.

Das Zugeständnis, Lernende müssten erfahren, wie „es in ihnen denkt“ bezieht sich ebenfalls auf einen Aphorismus des frühneuzeitlichen Experimentalphysikers Georg Christoph Lichtenberg (1742-1799). Wagenscheins Sprachreflexionen können in ihrer Bedeutung für seinen Bildungsbegriff nicht angemessen gewürdigt werden ohne eine kurze Betrachtung der von ihm bewunderten „Sprachmeister“. Hier steht Lichtenberg an erster Stelle, ein Kapitel von Wagenscheins Autobiographie trägt die Überschrift „Lichtenberg und andere Sprachmeister“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 25). Prägenden Eindruck hinterlassen schon in der Schulzeit dessen „Aphorismen. Sie fielen wie zündende Funken in meine erwartende Sprachwelt. Dabei war er ein Physiker, aber nicht nur das. Nichts von der Spaltung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft“ (Wagenschein 1989: 25). Erwähnt werden auch Hermann Hesse, weiterhin aber vor allem die Großen der Wissenschaftsgeschichte wie Leonardo und Kepler. Deren Dikta werden durch Wagenscheins gesamtes Werk hindurch als Beispiele für individualisierte Sprachverwendung im physikalischen Kontext herangezogen. Obwohl Wagenschein sich „der mathematischen Rationalität verhaftet“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 24) weiß, akzeptiert er nicht nur die Koexistenz und wechselseitige Einwirkung von Natur- und Geisteswissenschaften, er bewundert auch den Wechsel zwischen verschiedensten Einstellungen, Haltungen und Darstellungsmodi bei Lichtenberg: „Lichtenberg hat mich mächtig ermutigt, keinen Gegensatz zu sehen zwischen Aufklärung und dem Sinn für Irrationales, zwischen Ehrfurcht und Spott, Gefühl und Kühle, Mathematik und Belesprit“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 26).

In „Natur physikalisch gesehen“ sind Bezugnahmen auf und Zitate aus Goethe sehr auffällig. Wagenschein kennt Eckermanns „Gespräche mit Goethe“, die Tragödie „Faust“ und die Schriften zur Metamorphose. Letztere sind nicht ausdrücklich zitiert, doch Verweise auf Goethes Naturwissenschaftskonzept kommen hinreichend vor. In der Autobiographie wird davon jedoch nichts erwähnt, man könnte sagen, nichts mehr erwähnt, weil dies Kanonelemente sind, die mit dem traditionellen Bildungsbegriff in Verbindung stehen. Dort hatten sie eine Leitfunktion, die seit 1968 zunehmend bestritten

wurde. Wagenscheins Hervorhebung Lichtenbergs trägt dieser Entwicklung Rechnung, in der Literaturgeschichte war Lichtenberg bis ins 20. Jahrhundert wenig renommiert, gewann aber seit den 1970er Jahren rasch an Bedeutung als eigenwilliger „Ketzer des deutschen Geistes“ (Verrecchia 1988). Auch Lichtenberg ist Repräsentant einer universellen Bildung, allerdings ist bei ihm die individuelle Abweichung, die Missachtung des Üblichen, stark ausgeprägt. Insofern kann Wagenscheins Fokussierung auf Lichtenberg als Zeichen einer Umorientierung des Bildungsbegriffs gelten, als Hinwendung zum kritischen Geist, zum Unangepassten.



Lichtenberg lehrte an der Georg August-Universität in Göttingen Experimentalphysik. Seine methodische Orientierung war an deutschen Universitäten innovativ, Lichtenberg wandte sich völlig ab von der philosophisch (d. h. leibnizianisch und wolffianisch) orientierten Aufklärungs-Naturlehre, er vertrat Physik auch nicht als angewandte Mathematik.

Abb. 11: Briefmarke zum 250. Geburtstags Lichtenbergs (Quelle: siehe Abbildungsverzeichnis)

Lichtenberg war anglophil, er war Verehrer Newtons und Bewunderer der britischen Königlichen Akademie der Wissenschaften. Das war keine abrupte Entscheidung, um sich gegen deutsche Hauptströmungen zu stellen, sondern eine Folge der Situation: Göttingen im Kurfürstentum Hannover unterlag starken britischen Einflüssen, weil der Kurfürst zugleich König von England war. Lichtenberg erhielt Gelegenheit, England zu bereisen, aufgrund seiner Sprachkenntnisse betreute er in Göttingen später viele englische Studierende, für die die Stadt wichtigster Anlaufpunkt auf dem Kontinent wurde (vgl. Oehler 2016: 28ff.). Lichtenbergs öffentliche Vorlesung hatte allgemeinbildenden Charakter und wurde von vielen Studierenden aller Fächer besucht – auch ein gewisser Wilhelm von Humboldt gehörte, nebenbei bemerkt, ein Semester lang zu den Hörern (vgl. Borsche 1990: 22). Ob Wagenschein sich mit diesen historischen Gegebenheiten beschäftigt hat, spielt hier keine Rolle. Es geht um den Kontext, der in Lichtenbergs Schriften einbezogen ist. Physik wie Mathematik waren Ende des 18. Jahrhunderts Fächer der philosophischen Fakultät, es gab noch keine institutionelle Ausdifferenzierung. Das

Stadium der fächerübergreifenden Bildung ist es, was Wagenschein fasziniert und immer wieder zu seiner Vorstellung eines fächerverbindenden Unterrichts an der Schule anregte.

## **7 Wagenscheins Positionen als aktuelle Anregung**

Der Name Wagenschein wird in der wissenschaftlichen Fachdidaktik seit den 1970er Jahren gar nicht selten genannt. Betroffen sind sowohl Physik als auch Mathematik, im Folgenden steht die Ertere im Fokus. Die Wagenschein-Rezeption konzentriert sich auf einige Begriffe, die wichtige Denkmuster seiner pädagogischen Ansichten benennen und sich als Schlagwörter durchgesetzt haben. Seine stets optimistische Sichtweise regt dazu an, Elemente seiner Didaktik als Inspiration zu nutzen, ohne die größeren Zusammenhänge des wagenscheinschen Denkens einzubinden. Es wird selten darauf geachtet, dass und in welcher Weise sich die Voraussetzungen in den vergangenen Jahrzehnten verändert haben.

Eine Aktualisierung seiner Vorschläge im Rahmen aktueller Kompetenzdidaktik wäre an vielen Stellen nur schwer möglich, weil die Voraussetzungen der Bildungskonzeption, der Sicht auf die Lernenden und der Lebenserfahrung allgemein andere geworden sind. Gerade in dieser Hinsicht jedoch nimmt Wagenscheins Aktualität insofern zu, als sein Werk Vergleichsmöglichkeiten bietet, die eine Reflexion der heutigen Lage durch zeitgeschichtliche Vergleiche ermöglicht. Keinesfalls soll dies bedeuten, dass ‚früher‘ irgend-etwas ‚besser‘ gewesen sei, vielmehr geht es um eine distanzierte Betrachtung der seitdem stattgehabten fachdidaktischen Entwicklungen.

### **7.1 Die Wagenschein-Rezeption – ein Überblick**

Verweise auf Einzelheiten aus Wagenscheins Ausführungen in verschiedenen Bereichen der fachdidaktischen Literatur zeigen, dass seine Schriften durchaus produktiv rezipiert werden. Vieles von dem, was er als Desiderate der Unterrichtsgestaltung seit den 1950er Jahren vorschlug, ist auch längst Realität geworden: Dazu gehören etwa die Auflösung von Sitzordnungen des Frontalunterrichts, Bildung von kleineren Lerngruppen, eine Diskussionskultur, Eigenständigkeit bei der Durchführung von Schülerexperimenten sowie die Beschränkung der Stofffülle mit dem Anspruch, an ausgewählten Gegenständen sachliche und methodische Muster kennenzulernen. Auch die sprachliche Darstellung im Physikunterricht wird heute beachtet und erforscht. Dies geschah

keineswegs allein als Reaktion auf Vorschläge Wagenscheins, doch mag sein beständiges Mahnen zur Aufmerksamkeit für das Thema beigetragen haben.

Im Guten wie im Schlechten ist Wagenschein keineswegs nur bestaunenswerter „Findling in der heutigen Didaktiklandschaft“ (Berg 1986: 597), er ist Mitwirkender in vorgängigen Fachdiskussionen über viele Jahrzehnte hinweg. Dass er regelmäßig zu Konferenzen eingeladen wurde, dass er Angebote über verantwortungsvolle Leitungsposten erhielt und dass er fortgesetzt in der Literatur erwähnt wird, kann einerseits als Hommage an eine bedeutende Persönlichkeit verstanden werden, andererseits aber auch als Respekt vor seinen längst noch nicht ausgeloteten Argumenten für Bildungsverfahren. Auch diese Kontinuität verleiht seinem Werk weiterhin Aktualität.

Dass Wagenschein den Erfolg seiner ‚Lehrgänge‘ an der Odenwaldschule lebenslang auf das Positivste im Gedächtnis trug (vgl. Wagenschein 1965/1950; <sup>2</sup>1989: 53ff.), kann neidvoll betrachtet werden, könnte aber auch als esotherische Tendenz aus einer kleinen pädagogischen Provinz, einer ‚Insel‘ (Keupp et al. 2019: 86; Schwitalski 2015: 22) außerhalb der urbanen Zivilisation, abgetan werden. Lehrpersonen an städtischen Einrichtungen mögen es Wagenschein sogar verübeln, dass er sich auf der Basis gelungener Spezialerfahrungen abschätzig über den ‚Dompteurs‘-Betrieb öffentlicher Schulen äußern konnte. Affirmativ aufgegriffen wird die reformpädagogische Herkunft heute vor allem im Bereich der Waldorf-Pädagogik (Buck / Mackensen <sup>7</sup>1990; Eyer 2015).

Wer Wagenscheins Werk aber in einer gewissen Breite wahrnimmt, wird den Vorwurf der Randständigkeit kaum betonen, denn er hat unter wechselnden Bedingungen mit der breiten Entwicklung jüngerer Fachdidaktik mitgehalten und sich auf ihre Anforderungen eingestellt. Typisch dabei ist jedoch, dass er den didaktischen Zugriff zerstückelte (zerstückeln musste), weil sein ganzheitliches Konzept im Kontext eines universalen Bildungsbegriffs nicht mehr anzuwenden war, ja im Zuge der Abschaffung humboldtscher Universalitätsvorstellungen von vielen Seiten vernichtende Kritik auf sich gezogen hätte.

Im Vordergrund der fortlaufenden Rezeption steht die Pflege biographischer und sachbezogener Informationen sowie die Chronik der Schriften durch das Wagenschein-

Archiv mit einer umfangreichen Internet-Seite ([www.martin-wagenschein.de/](http://www.martin-wagenschein.de/)). Walter Köhnlein veröffentlicht seit seiner Dissertation „Die Pädagogik Martin Wagenscheins“ (1973) laufend weitere interpretierende Beiträge zur Entwicklung und heutigen möglichen Anwendung Wagenscheinscher Ideen (vgl. u. a. Köhnlein 2012), dabei liegt der Schwerpunkt jedoch nicht auf den Sekundarstufen.

Die Rezeption in der Breite sei im Folgenden nur in einigen Beispielen zur Physik erwähnt, da fast jede Monographie und viele Aufsätze zur Mathematik-, Physik- oder Naturwissenschaftsdidaktik Wagenschein erwähnen. Als ‚Klassiker‘ der Pädagogik wird er am häufigsten mit dem Konzept des exemplarischen Lehrens und Lernens genannt (Engelbrecht 2003: 25ff.) oder ausführlicher beachtet, wobei sein Name in der Regel isoliert genannt wird, ohne auf den umfangreichen Kontext des Themas mit vielen Beteiligten in den 1950er und 60er Jahren einzugehen (vgl. Hunger 1959: 10 und öfter; Raithel / Dollinger / Hörmann <sup>3</sup>2009: 84); in Verbindung mit dem exemplarischen erfährt auch das genetische Unterrichten (Glöckel 2003: 264ff.; Kircher <sup>2</sup>2009: 21; Geiß 2013) Aufmerksamkeit. Rezipiert wird das Modell, nebenbei sei es erwähnt, nicht nur in der Naturwissenschaftsdidaktik, sondern auch in kulturwissenschaftlichen Fächern (Messner 1998).

Es gibt in der Literatur viele kurze Berichte oder Anekdoten über Fallbeispiele, die Wagenschein in seinen Seminaren und anlässlich von Tagungsbeiträgen vorgestellt oder mit den Zuhörern durchgeführt hat. Gewürdigt wird dabei seine Fähigkeit, systematische Schlussfolgerungen oder Beweise aus basalen Gegebenheiten überzeugend (und unterhaltend) herzuleiten. Diese Beispiele werden durchweg als sehr inspirierend referiert, wobei letztlich die Persönlichkeit Wagenscheins einen hohen Stellenwert einnimmt.

Geradezu als Wagenschein-Schule treten Didaktiker der ‚Lehrkunst‘ auf, die ihr Konzept aus den vorbildlichen Lehrstunden Wagenscheins ableiten. Unter der Bezeichnung ‚Lehrkunst‘ (Berg / Schulze 1995 u. a.) erscheinen exemplarische ‚Lehrgänge‘ (in Wagenscheinscher Terminologie) als ‚klassische Lehrfiguren‘ (Raithel / Dollinger / Hörmann <sup>3</sup>2009: 84) oder ‚Lehrstücke‘ (Eyer 2015 u. a.), die im wörtlichen Sinne als Realisierung einer Kunst aufgefasst werden: „Die Lehrkraft, die das Lehrstück unterrichtet, übernimmt dann die Rolle des Regisseurs, der mit seinen Schülern und

Schülerinnen das Lehrstück inszeniert“ (Aeschlimann 1999: 10).<sup>7</sup> Die Anlage einer Unterrichtseinheit solle „dramaturgisch“ (ebd.) durchgestaltet sein. Abgesehen davon, dass der von Wagenschein gelegentlich verwendete Terminus einer ‚ars didactica‘ nicht auf einen Kunstbegriff der Neuzeit, sondern auf die Tradition der halb-handwerklichen Wissenschaften des Mittelalters, der ‚artes liberales‘ verweist, scheint es wenig allgemeinverwertbar, Unterricht in schöpferischen Bauformen vor auszuplanen. Feststellungen wie „Das von Galilei originär erschlossene Wissen wird durch Wagenschein in Unterrichtseinheiten zu Lehrstücken komponiert und den Studierenden exponiert“ (Eyer 2015: 53) geben die Haltung Wagenscheins kaum angemessen wieder. Man ist versucht vorzuschlagen, zur „Werkdimension“ (Berg 2009) der Unterrichtsstunde doch gleich Bertolt Brechts Galilei-Lehrstück hinzuzunehmen, um den gesellschaftskritischen Aspekt mit abzudecken – damit wird der physikalische Inhalt zum kleinen Anlass hochfahrender Inszenierung und selbstständig Physik lernen wird damit wohl niemand.

Es ist darauf hinzuweisen, dass trotz einer gewissen Breite der Wagenschein-Rezeption sein Denken keineswegs selbstverständlich in fachdidaktische Arbeiten einbezogen wurde und wird. Sein Denken liegt in vielerlei Hinsicht den heutigen Unterrichtsbedingungen fern, sein wohlwollend-altertümlicher Stil verschreckt bei den ersten Begegnungen – der scheinbare Paternalismus, der daraus spricht, ist durchaus nicht zeitgemäß. Überraschend ist eine Distanz allerdings im Zusammenhang mit Themenstellungen, die nachgerade auf eines der wagenscheinschen Schlagwörter aus der Nachkriegszeit oder der pädagogisch-kritischen Wende der späten 1960er Jahre zu verweisen scheint, so in „Die Erlebnisdimension der Physik“ (Rascher 1987), Lechte (2008) oder Gedaschko (2015).

---

<sup>7</sup> Auch beim Terminus ‚Lehrkunst‘ sei darauf verwiesen, dass es sich um eine gängige Bezeichnung in der Frühen Neuzeit handelt, die Wagenschein aufgegriffen hat, um sich von der Unterrichtssystematik seiner Zeit abzugrenzen; vgl. z. B. Ratke, Wolfgang (1613): Kurtzer Bericht von der Didactica oder Lehrkunst [...]. Jena: Rauchmaul. Das Buch wurde in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts sehr oft nachgedruckt und kann wohl als Standardwerk der Epoche gelten.

Mit diesem Befund wäre die thematische Frage nach der Aktualität Wagenscheins vorläufig zu beantworten: Wer in diesem Umfang gerne an verschiedensten Stellen fachdidaktischer Debatten beachtet wird, weckt weiterhin aktuelles Interesse, denn die Entwicklung des Unterrichtserfolgs in den Naturwissenschaften könnte durchaus einen Aufschwung gebrauchen. Es wäre allerdings müßig, den großen Komplex von ‚Bildung und Physik‘, von ‚Natur und ihre Erkenntnis‘, ‚technischem Weltbild‘, von Schülerinteresse, eigenem Denken und Sprechen, von Findigkeit und Verstehen und schließlich einer ‚physikalischen Allgemeinbildung‘ bei Wagenschein kohärent zu rekonstruieren, wenn daraus nur einige Anstöße für die Durchführung ausgewählter Unterrichtseinheiten hervorgehen würden.

Vielmehr besteht die Aktualität auch in einer Reihe von drängenden Fragen danach, warum denn die konkreten Unterrichtsmodelle Wagenscheins (die ‚Lehrgänge‘) nicht einfach nachgebildet oder in ‚Lehrkunst‘-Inszenierungen institutionalisiert werden (können) – und daraus auf Schülerseite eine große Anzahl glücklicher selbstgewisser Sachkenner ohne die Scheuklappen des Spezialistentums („Allgemeinbildung der Nichtphysiker“; Wagenschein 1995: 139) hervorgehen? Die Frage ist nicht, ob sich dies unter besonderen Bedingungen teilweise oder vorübergehend verwirklichen lässt, sondern welche Hinderungsgründe – Klafki nennt dies „Hemmfaktoren“ (Klafki 2019: 89) – in den Regelschulen und im gesellschaftlichen Bewusstsein bestehen. Anregung, initiale Bereicherung, mit Wagenscheinscher Begeisterung poetisch gesagt ‚Funken‘, entstehen durchaus für viele Lehrerinnen und Lehrer, wenn sie mit dem Gedankengut in Berührung kommen, doch im Alltag ergibt sich dauerhaft nur wenig Anregendes. Dies soll keine Geringschätzung der Bemühungen engagierter Lehrpersonen ausdrücken, vielmehr gilt weiterhin Wagenscheins Zuversicht, es gebe so „manchen Lehrer [...], der in der Stille schon lange [...] der Schablone gelassen widerstrebt“ (Wagenschein 1963: 92). Fragen nach dem Nicht-Gelingen einer Umsetzung sollen auch keine leichtfertige Kritik an bestehenden und vorgängigen didaktischen Diskussionen in den Vordergrund stellen. Wagenscheins Aktualität könnte sich aber möglicherweise in grundlegenden Anregungen und vor allem in Zustandsbeschreibungen vertieft erweisen, die allgemeinerer Art sind und sich nicht nur auf einzelne Unterrichtseinheiten richten. Es geht um die Voraussetzungen, die für die heutige Schulsituation vielleicht nicht mehr

zutreffen. Deshalb richten die folgenden Kapitel den Blick auf strukturelle Probleme und einzelne Sachverhalte, die sowohl fortwirkende Anregungen Wagenscheins als auch Grenzen ziehende Veränderungen beschreiben, hinter deren Auswirkungen mit einem Verweis auf Wagenschein zurückgehen zu wollen, naiv wäre. Festzuhalten ist allerdings, dass Martin Wagenschein im Diskurs der Lehrstück-Konzepte eine herausragende Instanz darstellt, die in diesem Rahmen als wesentlicher Inspirator und namensgebender Pate sehr lebendig ist.

## 7.2 Wandel des Naturbegriffs

Für Wagenschein ist Physik eine Naturwissenschaft, ‚Natur‘ ist der bedeutungstragende Bestandteil des Kompositums. Wortbildungen, wie sie heute diesbezüglich üblich sind, vor allem das methodisch dominierte Adjektiv ‚mathematisch-naturwissenschaftlich‘ verwendet er eigentlich nicht. ‚Methode‘ ist zwar ein Lernziel, für die Schule bleibt es jedoch nachgeordnet, Betrachtung, Untersuchung und Reflexion von Natur bleiben auf den Gegenstand selbst bezogen. ‚Natur‘ hat für Wagenschein eine umfassende Bedeutung, ausgehend von der ‚Natur-Lehre‘-Auffassung der Aufklärung und der universalistischen Naturbetrachtung Goethes wird der Begriff auf die Körperwelt und die belebte Welt bezogen, ohne dass ein methodischer Filter dabei Anwendung fände. Deutlich zu erkennen ist beispielsweise, dass Wagenschein Äußerungen des Experimentalphysikers Lichtenberg und Goethes uneingeschränkt gleichrangig nebeneinander stellt. Die umfassende Betrachtung und Vorstellung von Natur geht vielmehr über methodische Ansätze zunächst hinaus, widmet sich ganz dem Gegenstand und kann deshalb auch für verschiedene Denkmodelle zunächst offen bleiben. Natur erscheint als die Grundlage des menschlichen Seins, der der Mensch ausgeliefert ist und mit der er sich arrangieren muss, die er aber schrittweise auch auf Funktionsweisen hin durchschauen und in Grenzen nutzen kann. In den technischen Utopien seit dem 17. Jahrhundert wird die Natur der Technik unterworfen: „Der Mensch wird zum Herrn und Eigentümer der Natur. Durch die Beherrschung der Natur kann das Paradies auf Erden geschaffen werden, so die Utopien von Francis Bacon bis Karl Marx“ (Kircher 2009: 44). Der Optimismus dieser Art von Fortschrittsglauben ist einer Skepsis gewichen, die die

Kollateralschäden mit Sorge betrachtet. Als Folge ist jedoch kein grundsätzliches Bedenken entstanden, sondern eine zwiespältige Haltung.

Für Wagenschein steht das ‚Gewordene‘, das natürlich Gegebene oder Entstandene, immer über dem von Menschen ‚Gemachten‘. Das Erkenntnisinteresse richtet sich für Wagenschein in der Physik auf das ‚Innere‘, auf die Funktionsweise des natürlich Gewordenen.

‚Natur‘ ist auch gegenwärtig in öffentlichen Nachrichten und Diskussionen ein zentraler Begriff. Da er in den Medien allenthalben genannt wird, kann davon ausgegangen werden, dass Kenntnisse über Natur zumindest in einem gewissen Umfang zur Allgemeinbildung gehören. Das Publikum der Medien ist jedoch keine Gruppe von Naturwissenschaftlern, auch nicht von Freizeitchemikern, -biologen, -meteorologen oder Physikern. ‚Natur‘ repräsentiert im öffentlichen Gebrauch andere Bedeutungsmerkmale: Von Pflanzen bewachsene Areale und lebendige Tiere, jedenfalls die Absenz von Anzeichen einer Urbanität oder Industrialisierung. Für viele ist ‚Natur‘ auch gleichbedeutend mit ‚Bio-‘, hier als Merkmal von Lebensmitteln, die amtlich festgelegten Grenzwerten der Inhaltsstoffe nach als nicht-industriell ausgewiesen sind. Diese dominierenden Bedeutungsmerkmale des öffentlich verbreiteten Naturbegriffs unterfallen überwiegend biologischen Kategorien, weshalb ‚Natur‘ als didaktisches Thema vorrangig durch Biologie vertreten ist (vgl. Bayrhuber 2017: 45ff.). Die Einflüsse der den öffentlichen Diskurs dominierenden Begriffsbedeutungen auf Vorwissen, Einstellungen und Interesse der Lernenden und Lehrenden in den Unterrichtsfächern werden in der didaktischen Diskussion wenig oder gar nicht berücksichtigt. Klafki erwähnt „parallel laufende außerschulische Sozialisationsprozesse der Lehrenden und der Lernenden“ (Klafki 2019: 86), eine Wirkung wird nur mittelbar unterstellt. Einfach nur ‚parallel‘, also ohne Berührung mit dem Schuldiskurs ‚nebenher‘, verlaufen derartige Entwicklungen aber wohl nicht. Der Ansatz, im ‚conceptual change‘ (vgl. Schecker et al. 2018: 35; Möller 2013: 65) naturwissenschaftliche Sicht statt der alltäglichen Auffassung einzuführen, greift zu kurz, wenn die nicht-naturwissenschaftlichen Ansichten als Privathaltung von jungen Lernenden angesehen werden. Wenn „es sich bei Schülervorstellungen nicht um Fehler der Kinder und Jugendlichen handelt, sondern oft um sinnvolle Rekonstruktionen der Welt“ (Schecker et al. 2018: 35), dann liegt dem ein

weitaus umfassenderer Diskurs zugrunde, gegen den angegangen wird, dessen Bedeutungen zudem bei öffentlich sehr präsenten Themen von einer „tiefen Verankerung“ (Möller <sup>2</sup>2013: 60) im Bewusstsein auszugehen ist. Wagenschein benennt diese Diskursbedeutungen als „in den breiten Massen festsitzende“ (Wagenschein 1965/1950: 119) und ist der Auffassung, sie nur über den Weg der Phänomene und des genetischen Unterrichts durch naturwissenschaftliche ‚Einwurzelung‘ aushebeln zu können. Dabei betont er immer wieder, dass beide Sinnkonstruktionen gleichermaßen Geltung haben, dass also kein Wechsel stattfindet, sondern die Einsicht in unterschiedliche (methodisch geleitete) Verfahren.

Die genannten Eigenschaften von ‚Natur‘ regen nicht zum Staunen an, gebieten keine Ehrfurcht und fordern keine Fragen nach dem ‚wieso‘ heraus. Ein „Zusammenhang der Naturkräfte“, den ins Zentrum zu stellen Max Planck Wagenschein ermunterte (vgl. Gerwig 2015: 58) scheint uninteressant gegenüber einzelnen Oberflächenerscheinungen. Eigenschaften von ‚Natur‘ werden als gegebene Kategorien aufgefasst, die persönliche Meinungen oder Gefühlslagen prägen können, im Übrigen aber ‚da sind‘ wie Waschmaschinen und Umgehungsstraßen. Sie werden mehrheitlich als Bestandteile des von Menschen gestalteten Lebensumfeldes begriffen, das durch Funktionserwartungen, gesetzliche Bestimmungen und Gewohnheiten geregelt ist. Deutlich kommt diese Auffassung zum Ausdruck, wenn von ‚Umwelt‘ die Rede ist – ‚Umwelt‘ als Lebenswelt muss geschützt werden, wobei ‚Naturschutz‘ einen vorderen Rang einnimmt wie in jüngerer Vergangenheit auch ‚Klimaschutz‘. In beidem ist die Vorstellung leitend, der Mensch vermöge unüberschaubar komplexe Systeme, die die Basis seiner Existenz bilden, zu bedrohen und zu schützen, zu zerstören und wiederherzustellen. Eine solche Position kann nur eingenommen werden, wenn unterstellt wird, dass Gegenstände und Funktionsweisen der Natur für den Menschen verfügbar und das Wissen darüber als Handlungsanleitung ausreichend sei. Mustergültig kam diese Auffassung auch in den mehrheitlich von Schülerinnen und Schülern getragenen Freitagsdemonstrationen „Fridays for Future“ des Jahres 2019 zum Ausdruck, wo junge Menschen von den älteren Generationen einforderten, die zukünftige Lebenswelt bitte recht angenehm auszustatten. Auch dabei standen Natur- und Umweltschutz im Vordergrund, somit Bereiche, die eher in die Zuständigkeit von Biologie und Meteorologie fallen. Physikalische Fragestellungen

sind darin natürlich ebenfalls in großer Zahl gegeben, sie werden jedoch nicht als solche wahrgenommen, geschweige denn mit einer sachbezogenen und methodengeleiteten Betrachtungsweise diskutiert.

„Natur-“ und „Klimaschutz“ als imaginierte Abwehr von schädlichen Folgen industrieller Entwicklung, oder, weiter gefasst, von Auswirkungen eines Lebensstils, dominieren aktuell den öffentlich gebrauchten Naturbegriff. In dieser Fassung, die als Bestandteil einer derzeitigen Allgemeinbildung verstanden werden kann, hat der Naturbegriff keine Überschneidung mit dem von Wagenschein aus physikalischem Interesse verwendeten. Ergänzend sei angemerkt, dass Wagenschein selbstverständlich mit dem nicht-physikalischen Naturbegriff der Reformpädagogik vertraut war und dass er das Leben „nahe der Natur“ an der Odenwaldschule schätzte. Dies war für ihn jedoch ein Anlass, Lernende auf „das Innere“ der Natur hinzuweisen, also gerade ein positiver Anknüpfungspunkt für die aus der Aufklärung herrührende Natur-Lehre.

Heute lässt sich in der fachdidaktischen Literatur verfolgen, dass die gewandelte Bedeutung von „Natur“ auch im Physikunterricht Geltung erlangt hat. In Verbindung mit der „Legitimation“ des Physikunterrichts verweist Kirchner – mit Bezug auf die Schriften von Kollegen – darauf, dass „Natur“ im Sinne heutiger Mediendiskurse als Gegengewicht gegen eine technikorientierte Lebenswelt „die Toleranzgrenzen der Natur zu beachten“ gebiete (Kirchner <sup>2</sup>2009: 50): „Auch in der Schule ist der Natur- und Umweltschutz als Leitziel vertreten. Schulklassen säubern Wald und Flur, Schüler trinken ihre tägliche Milchration aus Mehrwegflaschen. Sie pflanzen Büsche und Bäume, legen Schulgärten und Feuchtbiotop an“ (Kirchner <sup>2</sup>2009: 49). Dass dieser Autor in seinem umfangreichen Kompendium Natur nicht als Gegenstand von Physik benennt, bestätigt noch einmal die heute durchgängige Bedeutungsverschiebung gegenüber Wagenscheins Zeitalter; Technik dominiert, Natur erscheint als ihr Korrektiv. Der naheliegende Schluss, dass Wagenscheins Auffassung demnach veraltet sei, soll hier nicht gezogen werden – das große Ganze der Natur, auf welches sich sein Interesse richtet, bleibt weiterhin vorhanden und ist Existenzgrundlage des Universums, auch wenn dieser Sachverhalt heute im alltäglichen Umgang nicht mehr als Bedeutung des Wortes bewusst zu sein scheint. Wohl aber regt diese Kluft an zur detaillierteren Betrachtung der Bedingungen, unter denen sie zustande gekommen ist und fortwirkt.

Umweltzerstörung durch industrielle Produktionsprozesse und technische Anwendungen in verschiedenen Lebensbereichen, Landschaftsveränderungen, Schäden an der menschlichen Gesundheit sowie nachteilige klimatische Entwicklungen sind keineswegs erst seit Kurzem bemerkt worden. Seit dem 19. Jahrhundert gab es in deutschen Staaten Bestimmungen, die Wasser und Luft in Wohnumgebungen schützen sollten (vgl. Mieck 1981: 1141ff.), im 20. Jahrhundert nahm der Umweltschutz als staatliches Programm laufend zu (vgl. Körner 1981: 83ff.). Die „Professionalisierung des Umweltschutzes“ (Radkau 2011: 8) unterwirft Natur von Menschen erfundenen und konstruierten Planungs- und Messverfahren. Die staatliche Aufsicht überwacht die Einhaltung von Grenzwerten und anderen Maßzahlen der gesetzlichen Bestimmungen. Die vorgesehene Erhaltung oder Regruppierung von Natur ist selbst nur mit Hilfe technischer Verfahren und angemessener Organisation des gesellschaftlichen Lebens zu bewerkstelligen. Die wissenschaftliche Beschäftigung damit fällt vorrangig in die Ingenieurs- (vgl. Jischa 2004) wie auch Sozialwissenschaften (vgl. Müller-Rommel 2001). In beiden spielt ein wissenschaftlich-physikalisches Weltbild nur eine marginale Rolle.

Natur im Sinne des Umwelt- und Naturschutzes wird zum Objekt menschlicher Verwaltung. Wie andere Maschinen auch unterliegt Natur innerhalb dieser Konzeptionalisierung juristischen Vorgaben und institutionalisierten Forschungen oder Kontrollen. Zur Orientierung dienen Vorstellungen von vermeintlicher ‚Natur, wie sie früher war‘ – gestützt unter anderem auf eine Reihe (nicht-naturwissenschaftlicher) kultureller Wünsche und Normen, auf ‚grüne Utopien‘ (vgl. Hermand 1991) –, menschliche Entwürfe also, die einerseits an willkürlichen Rekonstruktionen und trotz gegenteiliger Beteuerungen an Kriterien der Nützlichkeit und an menschlichen Dominanzplänen ausgerichtet sind. Es geht um Wiederherstellung. Jedoch, etwas seit schier ewigen Zeiten ‚Gewordenes‘ (Wagenschein) kann nicht von Menschen binnen weniger Jahrzehnte zurückgestaltet werden, ohne dass die Verfahren einem beschränkten menschlichen Entwurf entspringen. Zur Nützlichkeit zu rechnen sind auch größere Maßnahmen der Landschaftsplanung, die in (West)Deutschland seit „1967 in der Erholungsplanung“ (Körner 1981: 92) angesiedelt werden. Auch planende Eingriffe in die umgebende Natur gehören zu den Maßnahmen der technischen Weltgestaltung. Der

ihnen adäquate Naturbegriff, wie er hier in äußerster Kürze als in der Öffentlichkeit (und Politik) geläufig skizziert wurde, ist somit Teil der technisierten Welt.

Als Objekt menschlicher Handlungen ist der Naturbegriff zugleich von den Erfahrungen der technischen Zivilisation überhaupt abhängig, denn ohne unerwünschte und meist nicht vorausgesehene Effekte maßlos zunehmender Technikverwendung wäre es wohl nicht zu der intensiven Umweltdiskussion der vergangenen Jahre gekommen. Insofern ist die Naturvorstellung, die Menschen verleiten kann, ‚ihre tägliche Milchration aus Mehrwegflaschen‘ zu trinken, als Derivat des technischen Weltbildes anzusehen, sie beschreibt einen mittelbaren und damit sekundären Naturbegriff. Wagenschein hingegen „hält an der Vorgegebenheit und Unverfügbarkeit des Gegenstandes Natur fest“ (Kutschmann 1999: 285). Erinnert man sich an seine Ableitung, in der Technik komme immer nur sekundäre Physik zur Anwendung, nämlich unter gezieltem Einsatz bekannter Größen und ohne grundlegende Forschungsabsicht, dann könnte der mediengerechte Naturbegriff von heute als tertiäre Konstruktion aus der Perspektive der ursprünglichen Physik beschrieben werden: 1. Ganze Natur als Gegenstand der Physik → 2. Technik als Anwendung der Natur via Physik, → 3. geplante/geschützte Natur als Korrektiv gegenüber den Auswirkungen hegemonialer Technik. Der Blick auf Wagenschein fordert die Physikdidaktik daher gleichsam auf, ihre Blickrichtung zurück auf die Natur als grundlegendes Objekt ihrer Betrachtung zu lenken und sie angemessener im Physikunterricht zu repräsentieren.

### **7.3 Technik**

Technik hat eine Vorrangstellung im Kontext des Physikunterrichts, wobei Natur ihr heute meist eher als eine Art Korrektiv zugeordnet wird. Generell ist die Assoziation ‚Physik hat mit Technik zu tun‘ nicht neu, Hunger vermutete bereits 1959, Technik habe den Menschen generell aus „natürlichen Bindungen gelöst und ihn in eine [...] neuartige Form der Bindung hineingeführt“ (Hunger 1959: 25). Wagenschein hingegen bezeichnet diese Haltung schon 1953 als einen der Irrwege gängiger Konnotationen. Fokussierung auf Technik lenke den Blick von Natur ab und lasse die Grundlagen unsichtbar werden: Beim Stichwort ‚Physik‘ fühlen Menschen „sich in den Bereich der Technik versetzt, in

eine Art Vorraum“ (Wagenschein 1953: 12). Das Bild des Vorraums ist klug gewählt, niemand kann in den Hauptraum, ohne hindurchzugehen, aber etwas in Wagenscheins Sicht Entscheidendes, ein Lernprozess, geschieht dort nicht. Wagenschein hielt die selbstverständliche Gedankenverbindung zwischen Physik und Technik für verzerrend, denn Letztere beruhe immer schon auf physikalischer Wissenschaft – wenn sie priorisiert wird, kehrt sich das eigentliche Bedeutungsverhältnis um und Physik verliert ihre bildende Funktion.

Damit steht Wagenschein in einer langen Tradition, die Bildungstheoretiker Kerschensteiner und Litt geben der Natur den Vorrang, Litt verwendet die Formel, Technik sei die „ins Praktische transponierte Relation ‚Ursache – Wirkung‘“ (Litt 1952: 31). Auch Ernst Mach ordnete Technik als angewandte Physik der Naturerkenntnis unter: „Der Nutzen der Naturwissenschaft ist gewissermaßen nur ein Nebenprodukt des geistigen Aufschwungs, der sie erzeugt hat“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 328). Wagenschein möchte den Primat der Naturerkenntnis beibehalten und zeigen, dass technische Anwendungen „aus ‚natürlichem‘ Material hergestellt [sind], und daß es also dabei ‚mit rechten Dingen‘ zugeht“ (Wagenschein 1965/1963: 507).

In dem zitierten Satz ist allerdings eine Perspektive enthalten, aus der Wagenschein Technik im Physikunterricht nicht nur billigt, sondern – wenn auch nur an wenigen Stellen seiner Schriften – als didaktisch zeitgemäß einordnet: „Die Technik ist heute nicht mehr nur ‚Anwendung‘ der Physik, sondern auch ein Weg zur Physik. Dieser Weg führt von dem Bewältigungsrausch zu dem Gehorsam vor dem, was nicht zu bewältigen ist“ (Wagenschein 1965/1958: 350). Damit behält Technik ihre sekundäre Stellung unter den Gegenständen des Physikunterrichts, wird aber durch ihre Abhängigkeit von den Naturgegebenheiten zu deren Vermittlungsmedium. Wagenschein hält es für zu kurz gegriffen, wenn „Physikunterricht nur einfach Informationen geben [solle] über die aktuellen Realien der heutigen Naturbemächtigung [...]“, er müsse „mehr wollen“ (Wagenschein 1965/1963: 505) um einen Beitrag zur Bildung leisten, „nicht bei dem Bemächtigen und Funktionieren lassen sich zu beruhigen, sondern im technischen Gerät die Natur auszugraben, und das heißt: in der Technik die Physik“ (Wagenschein 1965/1958: 350). Wagenschein befürchtet als Folge von oberflächlichem Technikunterricht „kurzsichtige Benommenheit“ durch „distanzlose Information“

(Wagenschein 1965/1963: 505). Mit großer Dringlichkeit plädiert er dafür, eine erkenntnisgeleitete, reflexive Distanz zur Technik zu etablieren: „Unser Verhältnis zur Technik hat die Merkmale der Sucht: Hörigkeit und Furcht. Gegen Furcht hilft es meistens, das Gefürchtete sich näher anzusehen“ (Wagenschein 1965/1963: 510). Das ‚näher Ansehen‘ werde allerdings eingeschränkt durch eine „Flüchtigkeit, die uns wie ein Fieber schüttelt“ (Wagenschein 1965/1963: 510). Diese Sichtweise, die nicht durchgängig als Argument gegen den technikorientierten Physikunterricht eingesetzt wird, verweist aus psychologischer Perspektive darauf, dass bildende ‚Gründlichkeit‘ bei diesem Gegenstand nicht zu erwarten ist.

Es war wohl Klafki, der mit der Einbeziehung „der modernen Naturwissenschaften, der Technik und der industriellen Produktions- und Arbeitswelt“ (1982) in seinen Bildungsbegriff die Gegenstandsverschiebung in der Physikdidaktik maßgeblich anregte und legitimierte. Indem Bildungsgegenstände zu „gesellschaftlichen Handlungsfeldern“ erklärt wurden, wurde Technik attraktiver, weil sie nicht wie die Natur gegeben ist, sondern gemacht, also durch Handlungen erzeugt wird. Natur in ihren Grundlagen ist eben nicht gesellschaftlich bedingt, und wenn später die Erhaltung natürlicher Oberflächenphänomene der Lebensumgebungen stärker in den Fokus rückten, geschah dies unter technologischen Gesichtspunkten.

Seitdem ist ‚Natur‘ aus populären und fachdidaktischen Texten zur Physik als Gegenstand nahezu verschwunden. Das bedeutet nicht, dass nicht Naturerscheinungen als Einzelgegenstände des Unterrichts vorkommen, doch in übergeordneten didaktischen Darstellungen, um die es hier geht, spielen sie als großer Kontext ‚Natur‘ kaum eine Rolle. Im rheinland-pfälzischen Lehrplan heißt es beispielsweise: „Im Physikunterricht beobachten und untersuchen die Schülerinnen und Schüler unterschiedlichste bekannte oder für sie neue Phänomene aus Alltag oder Technik“ (MBFRP 2014: 195). „Alltag“ wie „Technik“ sind sozial konstruierte Gegenstandsfelder. Zurückgeführt wird die Dominanz von angewandter Physik über eine primäre Naturerkenntnis als Inhalt der Allgemeinbildung, gezielt wird auf die handlungsleitende Funktion der Technik (vgl. Gebhard et al. 2017: 68), nicht auf Existenz sichernde (oder bedrohende) Kräfte einer grundlegenden Natur. Eine solche Haltung hatte Wagenschein bereits kommen sehen, jedoch daraus mit begründetem Bedacht den Schluss auf einen Vorrang von Technik

zurückgewiesen. In empirischen Untersuchungen bestätigt sich heute eine verbreitete Identifikation von Naturwissenschaft mit Technik: „Sehr viele Lernende unterliegen dem Missverständnis, naturwissenschaftliches Wissen gehe direkt in technische Anwendungen über“ (Höttecke / Hopf 2018: 271), dies gehe auch zurück auf die „in den breiten Massen feststehende, falsche Gleichung ‚Naturwissenschaft = Technik‘“ (Wagenschein 1965/1950: 119).

‚Technik‘ kommt als Wort eher mit unspezifischer Bedeutung daher, es handelt sich immer nur um einen Sammelbegriff, der ganz unterschiedliche Funktionsgebiete zu behandeln erlaubt. Auch diese allgemeine Technik wird, ähnlich wie der Zustand von ‚Natur‘ im heutigen öffentlichen Verständnis, aktuell unter dem kritischen Blick einer gewissen Technikskepsis als Gegenstand problematisiert: Im Physikunterricht werde „die Ambivalenz der Technik skizziert und daran anschließend argumentiert, dass der Physikunterricht verpflichtet ist, Grundlagen für eine notwendige fachliche Aufklärung zu liefern. Diese ist eingebunden in die Diskussion über Sinn und Zweck der Technik“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 43).

Dies schränkt nicht den grundlegenden Stoff eines Physikunterrichts ein, begrenzt aber durch den kritischen Rahmen die Geltung des Faches. Die Vorstellung, dass Natur die Lebensgrundlage sei und die Erkenntnis ihrer Gesetzmäßigkeiten der Ursprung des zivilisatorischen Fortschritts seit Jahrhunderten sowie der gegenwärtiger Lebensgestaltung, rückt in den Hintergrund. Indem der Rahmen des Faches von vornherein durch Grenz- und Schadenserwägungen mitbestimmt wird, entsteht der Eindruck, dass ‚man auch dagegen sein kann‘. Die technische Verfügbarkeit wird als problematisch (sogar ‚ambivalent‘; Kircher <sup>2</sup>2009: 43) unterstellt, bevor überhaupt eine breitere Kenntnis ihrer Voraussetzungen eingeführt ist. Damit ist der Gegenstand des Physikunterrichts mehreren relativierenden Bedingungen unterworfen, die mit Wagenscheins Untersuchung der Natur als Voraussetzung aller Existenz und Welterkenntnis nichts mehr zu tun haben.

Betrachtet man traditionellerweise Fachdidaktik als einen Überschneidungsbereich zwischen zwei Fächern, hier dem Fach Physik und dem Fach Pädagogik (vgl. Timmerhaus 2001: 88), so zeigt sich eine Schiefelage: Physikunterricht hängt dem Bild nach in der Luft zwischen einem Fach Technik – das es an Gymnasien nicht gibt – und

einer dem Ursprung nach naturbezogenen Grundlagenforschung der Physik (der die universale Bedeutung von ‚Natur‘ entzogen worden ist). Damit wird Physikdidaktik zu einem Zwitter, der zwei gewaltig große Lehr- und Forschungsfachkomplexe einschließt und sich pädagogisch auf ein kleines Unterrichtsgebiet fokussieren soll. In der wissenschaftlichen Wirklichkeit, sei sie als intellektuelles oder als institutionalisiertes Fachgebiet gedacht, entspricht Physik durchaus nicht technischen Ingenieursdomänen, sondern weiß sich sehr wohl von den anwendungsorientierten Fächern abzugrenzen. Offensichtlich wird hier auch heute noch die Randständigkeit des naturwissenschaftlich-technischen Komplexes gegenüber sozial- und kulturwissenschaftlichen Segmenten fortgeschrieben, indem zwei wissenschaftliche Ursprungskomplexe zusammengefasst werden. In Chemie und Biologie ist diese Überschneidung des Grundlagenunterrichts mit Anwendungen natürlich ebenfalls gegeben, nimmt aber eher keinen ähnlich großen Anteil ein.

Die Ausrichtung des Unterrichts auf „Phänomene aus Alltag oder Technik“ (MBFRP 2014: 195) scheint die Beschränkung auf Technik teilweise aufzuheben, jedoch nicht in Richtung auf die Beachtung der unbedingten Gegebenheiten von Natur oder Naturgesetzen. Was der Rekurs auf ‚Phänomene des Alltags‘ umfasst, bleibt vage, erkennbar ist jedoch die Anbindung des Lernens an Beispiele aus der Lebenswelt. Selbst Naturvorgänge werden auf diese Weise der ausdrücklichen Selbstverständlichkeit unterworfen, die mit dem Alltäglichen einhergeht, Neugier wird dadurch eher nicht geweckt. Wagenschein ist davon überzeugt, das Alltägliche ausblenden zu müssen, um Interesse zu wecken: Schüler „staunen über seltene, also ungewohnte Naturerscheinungen“ (Wagenschein 1965/1963: 506), nicht das, was sie täglich zu sehen bekommen. Deshalb weist Wagenschein immer wieder darauf hin, dass in der Alltagswelt auch gegenüber der Technik die Auffassung vorherrsche, man müsse sich um die Funktionsweise nicht kümmern, es reicht, wenn das funktioniert, was andere entworfen haben. Er bezeichnet dies als Anfälligkeit für die „falschen Magie, die von den technischen Apparaten höherer Kompliziertheit auf den Urteilslosen ausgeht“ (Wagenschein 1995: 40), in einem Vortrag beim VDE sagt er sogar: „Tief im Herzen halten sie es für Hexerei“ (Wagenschein 1965/1963: 507). Die Tendenz dieser Aussage dürfte seit Wagenscheins Lebzeiten sich verstärkt haben – denn wer versteht wirklich die

vielfältigen Vorgänge im Inneren eines Mobiltelefons? Die Technik könnte daher im Blick auf wirkliches, tiefes Verstehen eher ein unzuverlässiger Verbündeter der Physik sein, weil das Wissen um technische Anwendungen die Erkenntnis der grundlegenden physikalischen Vorgänge tendenziell zu „verdunkeln“ droht. Statt exemplarischem Wissen droht eine Kenntnis von oberflächlichen technischen Zusammenhängen. Hier wäre im Sinne Wagenscheins vermehrt auf eine bessere Balance von physikalischer Basis und technischer Anwendung zu achten.

#### **7.4 Selbstverständlichkeit oder Staunen**

Wenn Wagenschein nicht nur von den Lernenden, sondern auch von den Lehrpersonen verlangt, sie müssten „jedesmal wieder staunen können“ (Wagenschein 1963: 90), dann klingt das sympathisch – und welfremd. Vielleicht kann man sich vorstellen, dass in einer besonders vorbereiteten Unterrichtseinheit der dramatische Aufbau (nach Berger / Schulze 1995) oder eine Lehrfigur (nach Raithel / Dollinger / Hörmann <sup>3</sup>2009: 84) Spannung und schließlich Staunen hervorrufen, doch das ist weder als didaktischer Standard durchzuhalten, noch für ein Selbstlernen weiterführend. Es würde wahrscheinlich eher an die Kunststückchen der Vorführungen am Tag der offenen Tür erinnern, jedenfalls in diesem Sinne betrachtet werden. Das ist es nicht, was Wagenschein meint, vor allem wenn er auch der Lehrperson das Staunen als leitende Unterrichtshaltung empfiehlt.

In den Physikstunden Staunen ‚hervorzulocken‘ (vgl. Wagenschein 1995: 130), vor allem in dem Sinne, dass ernsthafte „Ehrfurcht“ (Wagenschein 1953: 14) im Spiel wäre, ist heute nicht einfach. Didaktik muss versuchen, sich darüber klar zu werden, warum für eine Mehrheit der Lernenden keine naive Verwunderung mehr möglich ist, wie sie Wagenschein in der Odenwaldschule gekannt haben mag. Zwei Einflussphären scheinen vorzuherrschen, die ein genuines Staunen einschränken: Erstens eine durch Mediendarstellungen verbreitete Standarddramaturgie, die immer auf einen Abschluss, eine Auflösung, eine Erläuterung hinzielt (unabhängig vom Medium, sehr stark vertreten aber in der dominanten Audio-Visualität) und zweitens die Gewohnheit, dass die Welt

von Spezialisten geregelt wird, die schon wissen, was sie tun (und falls nicht, können die Einzelnen das auch nicht ändern).

Durch die permanente Präsentation beliebiger Inhalte in den Medien sind die Menschen gewöhnt, alles jederzeit nachsehen oder sich vorspielen lassen zu können. Das gilt auch für Lernende, die im Handumdrehen Fragen durch Internetangebote beantworten – oft ohne zu einer Prüfung in der Lage zu sein, ob die gefundene Darstellung sachlich sinnvoll ist. Typisch jedoch ist die Form der abgeschlossenen Darstellung, sie treffen nicht auf weiterführende Fragen, sondern auf Bescheide, die sie für endgültig halten. Offene Fragen scheint es nirgends mehr zu geben, zumindest suggerieren die Darstellungsformate, dass sie erschöpfend Auskunft geben – für Laien ist es schwierig, sich damit nicht zufrieden zu geben.

In den Sozial- und Kulturwissenschaften hat die Art der finalisierenden Darstellung einen Namen: ‚Narrativ‘. Er wird zunehmend für die Darstellung von Zusammenhängen als Terminus verwendet: „Narrative fassen Ereignisse aus der Vergangenheit qualitativ zusammen oder sie konzeptionieren Ereignisse, die in der Zukunft stattfinden [...] Narrative sind soziale Konstruktionen“ (Becker 2019: 6). Semantisch gehört zum Narrativ die Bedeutung einer Narration, einer Erzählung, die immer schon einen Anfang, ein Geschehen und eine vom Urheber der Narration zu verantwortende Auflösung als Schluss suggeriert: Dies mag zu einem Weltbild führen, das – von der kleinsten bis zur höchsten Reichweite – immer schon geschlossen zu sein scheint. Eine solche Annahme gehört im Grunde nicht zur didaktischen Analyse, soll hier aber versuchsweise eingeführt werden, um die Problematik des gelegentlich erstickenden schülerischen Desinteresses in einer Haltung der Mediengesellschaft zu verankern. Die Haltung entspräche demnach im Kern keinem Desinteresse, sondern eher der Gewissheit, dass alles längst geregelt ist.

Eine Gewohnheit, beliebige Sachverhalte in durchgängigen erzählenden Strukturen kennenzulernen, erstickt Interesse oder richtet es zumindest auf den Ausgang der Erzählung aus, die jederzeit aufgesucht werden kann. Wer etwas erzählt bekommt, will den Schluss wissen. Dadurch wird vermutlich die Bereitschaft eingeschränkt, den vorgestellten Anfangspunkt als neu und unbekannt zu akzeptieren und schrittweise mit ihm kognitiv zu verfahren.

Rumpf hat Wagenscheins Begriff des ‚Stauens‘ als ‚Kostbares Befremden‘, als ‚anfängliche Nachdenklichkeit‘ (Rumpf 1998: 22) beschrieben. Daraus soll Neugier hervorgehen, ein möglichst unstillbares Verlangen, sich mit dem Unbekannten zu beschäftigen und das Fremde daran schrittweise und zunächst aus eigener Kraft zum Eigenen zu machen. Wenn Grundlagen der physischen Welt hingegen, sei sie natürlich oder technisch verstanden, keine Neugier wecken, spricht Wagenschein von Selbstverständlichkeit, mit der Dinge hingenommen werden. Aus dieser Haltung heraus sind Gegenstände uninteressant, weil es ihrer so viele gibt und weil sich niemand mit Allem befassen kann, Wagenschein nennt es ‚das Einerlei der Selbstverständlichkeit‘ (Wagenschein 1965/1953: 231). Eine seiner didaktischen Forderungen besteht darin, diese Selbstverständlichkeit zu durchbrechen und Neugier zu wecken, wo bis dahin kein Interesse vorhanden war. Das ist eine schätzenswerte Aufgabe der Unterrichtsplanung, die jedoch heute gegen einen ständig stärker werdenden Trend von Selbstverständlichkeit anzukämpfen hat und zugleich gegen die gewohnheitsmäßige Erfahrung, dass alles irgendwo medial aufbereitet ‚fertig‘ zur Verfügung steht.

Wagenschein beobachtete eine solche eher achselzuckende Haltung bereits in den 1950er Jahren bei der Begegnung mit technischen Geräten. Der psychologische Effekt, den die Gewöhnung an technisches Funktionieren ausübt, ist ihm aber gelegentlich eine Erwähnung wert. Im Kontext mit der Bedeutungsverschiebung des alltäglichen Naturbegriffs und seiner Implikationen der technischen Beherrschbarkeit erfordert er jedoch neue Aufmerksamkeit. Wagenscheins Begründung ‚wenn man bedenkt, wie sehr die Technik heute den Kindern zur zweiten Natur geworden ist (wenn nicht gar zur ersten)‘ (Wagenschein 1995/1962: 140) weist auf den Weg der Transformation des Naturverständnisses durch Technik hin: Technik ersetzt genuine Natur, und wenn Technik selbstverständlich hingenommen wird, erleidet Natur als Nachgeordnetes dasselbe Schicksal. Setzt man eine solche Einstellung als gesellschaftlich allgemein verbreitet voraus, ist es kein Wunder, wenn ausgerechnet die MINT-Fächer nur bei wenigen ein persönliches Interesse wecken. Dieses Interesse wird möglicherweise durch günstige Berufsaussichten verstärkt oder ausgelöst, allgemeinbildend ist es nicht.

Auffällig ist auch die Abnahme des technischen Interesses seit Wagenscheins Zeit. Er konnte unbekümmert unterstellen, ein technisch ausgerichteter Physikunterricht ‚wird

dann der lebhaften Teilnahme der Schüler gewiß sein können“ (Wagenschein 1965/1963: 506). Die Selbstverständlichkeit scheint diese interessierte Haltung jedoch im Laufe von fünf Jahrzehnten eingedämmt zu haben. Aber auch in dem Interesse, dass er zu seiner Zeit noch unterstellt, wittert Wagenschein bereits andere Motive als einen Erkenntnisdrang:

Man hört oft sagen, die Jugend sei nur noch für die Technik interessiert, und zwar gleich für die modernste, undurchschaubare (ferngelenkte Puppen oder Autos). Das hätte dann kaum noch mit Forschungsdrang zu tun, mehr mit Verwöhnung der Machtlust und Erstickung produktiven Staunens (Wagenschein 1965/1963: 507).

## 7.5 Phänomene

Die Durchbrechung von Selbstverständlichkeit ist im Rahmen von Wagenscheins Didaktik der einzige Weg, jenes intuitive „Staunen und das Sich-Wundern“ (Wagenschein 1953: 25) anzuregen, das die zumindest initial-punktuelle Voraussetzung von Neugier darstellt. Es als eine grundlegende Haltung gegenüber einer alles umfassenden Natur ‚wieder herzustellen‘ wird unter den beschriebenen aktuellen gesellschaftlichen Bewusstseinsvoraussetzungen nicht möglich sein, also kann es nur als didaktisches Ziel in Einzelfällen angestrebt werden.

Der Vorgang ist nach Wagenschein für den Beginn eines physikalischen Lernprozesses und die in dessen Verlauf eintretenden kognitiven Vorgänge erforderlich, „auch [...] wenn die Beherrschung des äußeren Ablaufs zum Übermut geneigt macht (Wagenschein 1953: 25). Der Anblick natürlicher Vorgänge gehört zu den Erlebnissen, die Neugier auslösen können, indem sie vom Staunen als Ausgangspunkt zum Nachdenken führen. Diese didaktische Prämisse wird auch in einigen aktuellen Publikationen hoch gewertet: „Umgang mit den Dingen kann zu Respekt und Ehrfurcht führen“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 60). Für Wagenschein ist dies kein didaktischer Ansatz, der nur aus dem Umgang mit Lernenden herzuleiten wäre, vielmehr begründet er ihn aus der Geschichte der physikalischen Entdeckungen. Die sinnliche Wahrnehmung von Naturerscheinungen ist die Voraussetzung alles Entdeckens. Wagenschein beschreibt auch Staunen bekannter Naturforscher, aus dem keine unmittelbaren Entdeckungen hervorgegangen ist, so Leonardos Mondbetrachtung (vgl. Wagenschein <sup>2</sup>1989: 27) oder andere. Dies sind für ihn

keine legitimierenden Anekdoten, sondern historische Hinweise auf unverzichtbare methodische Elemente, Hinweise, die allerdings durch die Aura ihrer Heroen in seinen Augen unhintergehbare Vorbilder bieten. Da er die Entwicklung einer physikalischen Weltansicht als geistigen Prozess betrachtet – und nicht nur als Werkzeugkasten –, hat dieses Herbeizitiere historischer Vorbilder auch nichts Gekünsteltes, wie es museale Darbietungen oft ausstrahlen.

In Betrachtungen natürlicher Vorgänge an der Natur selbst besteht der „Vorrang des Unmittelbaren“ (Köhnlein 1998: 67). Die Echtheit, die Authentizität ist wesentlicher Bestandteil des Lernprozesses – eine Maxime, die in Zeiten medial vermittelten Unterrichts, vor allem digitalisiertem Unterricht, schwer einzuhalten ist: „Mit dem Schwinden von Naturphänomenen aus dem Erfahrungsfeld der Kinder und aus dem Unterricht sieht Wagenschein die Fundamente nicht nur unserer Beziehung zur Natur, sondern auch der naturwissenschaftlichen Erkenntnis gefährdet“ (Köhnlein 1998: 67f.). Physikunterricht soll hier teilweise eine Perspektivkorrektur einleiten: „Die sachgebundene Sensibilität, die der Umgang mit den Dingen hervorrufen kann, lässt auch die [sic der] Eigenständigkeit und die Fremdheit der Dinge gewahrt werden, lässt die gewaltige „Autorität der Natur“ in kosmischen wie in submikroskopischen Bereichen empfinden, erahnen“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 60). Damit ist die Forderung nach Beachtung von ‚Phänomenen‘ der heute noch wirkungsvollste Bestandteil der Wagenschein-Rezeption.

Trotzdem hat eine Verschiebung in den Bedeutungszuweisungen stattgefunden. Wagenscheins Vortrag „Rettet die Phänomene“ (Wagenschein 1976) markiert seine Reaktion auf eine frühe Entwicklungsphase der Physikdidaktik, in der natürliche Begebenheiten als Grundlage für physikalisches Lernen nicht mehr die erste Rolle spielten. In der folgenden Grafik, die sogar auf eine Darstellung des Physikers und Wagenschein-Exegeten Köhnlein zurückgeht, ist die Unterordnung des Fachgegenstandes unter andere Fachbereiche offensichtlich: Der eigentliche Gegenstand des Faches findet keinen Platz, Fachdidaktik befasst sich nur mit der Vermittlung des Faches, also der auf Schulniveau adaptierten Wissenschaft, nicht explizit mit deren Gegenstand. Auch die gesellschaftliche Bedeutung, der Stellenwert im öffentlichen Bewusstsein (Allgemeinbildung) kommt nicht vor, sondern wird ebenso nur mittelbar via Soziologie und andere angebunden.

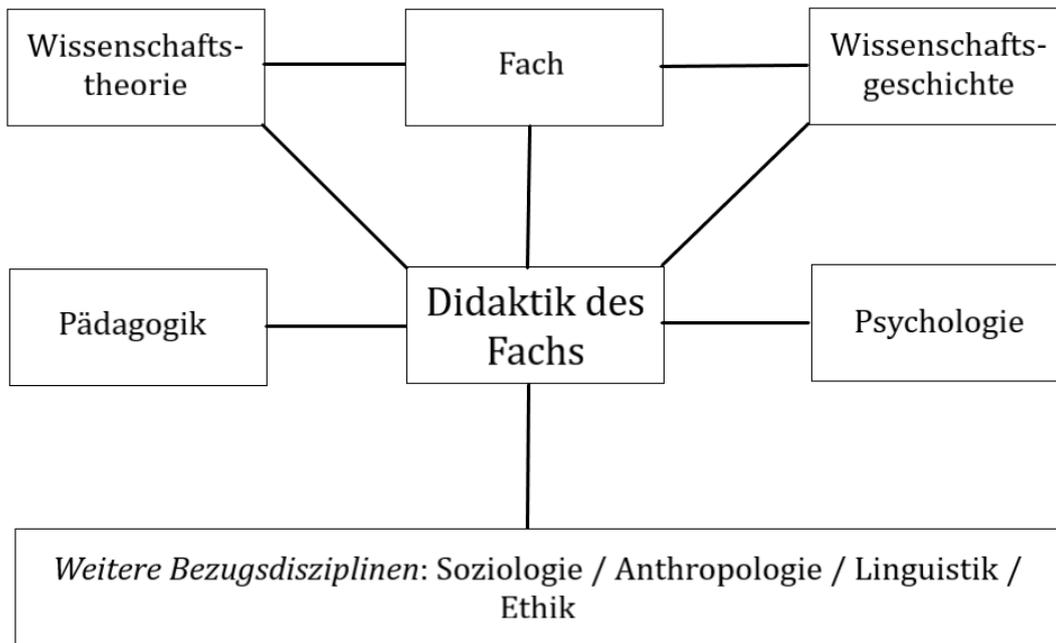


Abb. 12: Duit 2007: 83. „Das fachdidaktische Konstrukt im Verhältnis seiner Komponenten“

Natürlich ist es eine ungerechte Überspitzung, wenn man behauptet, die Fachgegenstände sind unter einem fachwissenschaftlichen Diskurs verborgen und werden den Lernenden – in der Planung des fachdidaktischen Selbstverständnisses – nicht direkt zugänglich gemacht. Die Lehrpersonen sorgen für eine Wahrnehmbarkeit der Gegenstände – Wagenscheins Optimismus vom Widerstreben gegenüber „der Schablone“ (Wagenschein 1963: 92) eines vorgefertigten Unterrichts hat weiterhin Geltung. Jedoch: Die hohe didaktische Bedeutung, die er dem unvermittelten (d. h. von keiner Fachperspektive überformten, vermittelten) Kontakt mit den Gegenständen beimaß, ist in der didaktischen Theorie seit den 1970er Jahren nicht mehr enthalten. Deshalb ist es angemessen, wenn anlässlich des Physikunterrichts von ‚Physik lernen‘ gesprochen wird und nicht von ‚Natur kennenlernen‘. Nur für den Sachunterricht der Grundschule wird noch betont, der „Einstiegs-Horizont des Sachunterrichts ist die Welt der Phänomene“, aus denen heraus nach und nach „die Genese des wissenschaftlichen Denkens paradigmatisch aufscheint“ (Köhnlein 2012: 20). In der Sekundarstufe steht statt dessen im Vordergrund, wie aus den Zielbeschreibungen der OECD hervorgeht, „naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben“ (Gebhard et al. 2017: 39), also den Erscheinungscharakter (Phänomen) dem

Aspekt der Wissenschaftlichkeit unterzuordnen. Vor allem eine Hinleitung zum Thema durch eine systematisierende Einleitung verfehlt das Ziel: „Niemand kann etwas fachlich [...] Auskristallisiertes ein exemplarisches Thema sein“ (Wagenschein 1965/1960: 401).

Bei Wagenschein gilt ‚Phänomen‘ in erster Linie als natürliche Erscheinung, der die wahrnehmende Person gegenübersteht – in zweiter Linie kann es sich um technische Erscheinungen handeln. Darin steckt mehr, als die Aufforderung, sich die Dinge selbst erst einmal genau anzuschauen. Buck und Rumpf haben Wagenscheins Konzept in die philosophische Tradition Husserls eingeordnet, bei dem Wagenschein in Freiburg Veranstaltungen besuchte. Dessen sogenannte phänomenologische Methode stellt die Wahrnehmung von Phänomenen in der Welt an den Anfang der Erkenntnis:

Husserl geht davon aus, dass ein Phänomen weder von der Person noch vom betrachteten ‚Gegenstand‘, ‚Zusammenhang‘ usw. getrennt werden kann. Positiv gesprochen: Person und Gegenstand konstituieren zusammen das Phänomen“ (Buck 2007: 266).

Das Verhältnis von Gegenstand und Person ist als „Gegenstandspol“ und „Ichpol“ (Buck 2007: 266) zu fassen. Aus Sicht der Psychologie, die Bausteine zur „didaktische[n] Rekonstruktion“ (Kircher <sup>2</sup>2009c: 118) beiträgt, entstehen in diesem Modell sowohl Neugier und Interesse als auch Sinnzuweisung und methodische Ansätze: „Der unmittelbare Umgang mit den Phänomenen ist der Zugang zur Physik [...] Phänomene können nicht mit schon isoliertem Intellekt, sie müssen mit dem ganzen Organismus erfahren werden.“ (Wagenschein 1976: 5). Diese Position befindet sich, auch wenn ‚Phänomene‘ in der Didaktik gewürdigt werden, im Widerspruch zu einigen heute gängigen Sichtweisen. Aussagen wie „Es gelingt den Schülerinnen und Schülern durch Versuche, Sinn in die Physik hineinzukonstruieren“ (Gedaschko 2015: 49) nehmen das Verhältnis zwischen genuinem, ursprünglichem Phänomen und dem ‚Ichpol‘ nicht ernst, sondern lassen Physikalisches geschehen, in der Hoffnung, dass die Lernenden hinterher ‚für sich‘ eine eventuell nicht per se enthaltene Bedeutung entdecken und beherzigen, indem sie diese ihrerseits ‚hineinkonstruieren‘. Dabei ist in heutiger Zeit die didaktische Situation nahezu perfekt: Durch die weltweite digitale Infrastruktur ist Information jederzeit hochgradig verfügbar – diese niemals zuvor angehäuften Enzyklopädie ist

jederzeit abrufbereit, jedoch ist sie keineswegs auch nur ansatzweise ein Ersatz für das praktische Erleben der Lernenden. In diesem Punkt ist Wagenschein heute aktueller denn je – die persönliche Erfahrung grundlegender, aus sich selbst heraus beeindruckender Phänomene müssen wieder in den didaktischen Vordergrund gerückt werden. Nur was Schülerinnen und Schüler haptisch und praktisch zu spüren bekommen, wandert in Anlehnung an Johann Heinrich Pestalozzi von der Hand in Herz und Kopf.

Wagenscheins Aufruf: „Rettet die Phänomene“, ist heute so aktuell wie eh und je. Wagenscheins Anlass dazu war die hier erörterte „übergangene Sinnlichkeit“, die vorschnelle Einführung von physikalischen Begriffen und Modellen. Heute kommt die Sorge hinzu, dass die Phänomene kaum wahrnehmbar sind, weil sie von modernen Messgeräten wie dem Computer verdeckt werden, nicht mehr verwundern, nicht überraschen, nicht mehr überzeugend sind (Kircher <sup>2</sup>2009: 58).

## 7.6 Verstehen

Wagenschein bindet den von ihm häufig verwendeten Begriff des ‚Verstehens‘ eng an die ‚Phänomene‘ an. Der Titel seines wichtigsten Sammelbandes „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“ (1965) fasst den Lernprozess aus dieser Perspektive zusammen: Ohne die Konfrontation mit einem Phänomen (vorrangig der Natur) fehlt dem Verstehen die Ursprünglichkeit – es wird abgelenkt „vom ursprünglichen Denken, das an Dinge und an sinnendes Tun gebunden“ ist (Wagenschein 1965/1961: 417). Auch hier benennt er eine historische Wurzel:

Ohne mit der Montessori-Pädagogik ganz besonders vertraut zu sein, bin ich doch überzeugt, daß in Maria Montessoris Entdeckung der frühkindlichen tiefen Aufmerksamkeit, der Lust am Üben, des Lächelns aus befriedigtem Denken, etwas für die Erweckung des Geistes Grundlegendes gesehen worden ist (Wagenschein 1965/1961: 428).

Nur durch eigene sinnliche Anschauung des Gegenstandes und den dadurch in Gang gesetzten mentalen Prozess – der nicht auf Kognition beschränkt ist, sondern Sensualität und Emotion einschließt –, hält Wagenschein jene ‚Einwurzelung‘ für möglich, die aus der Selbsttätigkeit der Lernenden hervorgehen soll. ‚Verstehen‘ entsteht hier in „Wechselwirkung zwischen dem Ichpol und dem Gegenstandspol“ (Buck 2007: 267):

„Ohne eine Spur solchen sich identifizierenden, sich der Sache phantasmatisch gleichmachenden [...] einfühlenden Denkens gibt es kein wirkliches Verstehen“ (Rumpf 1998: 29). Wagenschein sieht diesen Denkprozess analog zum ‚funktionalen Denken‘ (als Verkettung von mehreren Konstruktionsprozessen; vgl. Spiegelhauer 2017: 26), wie es seit der Meraner Reform eingeführt wurde. Es „bezieht sich [...] auf ein „Hineinsehen“ von Bewegungen sowie eine daraus abgeleitete argumentative Nutzung“ (Spiegelhauer 2017: 27).

Das Ziel des ‚exakten Denkens‘ führt von der ursprünglichen Einsicht, die ihren Ursprung im Phänomen haben muss, in die schrittweise methodische Abstraktion. Psychologisch weiter differenziert wird der Vorgang bei Wagenschein nur in Andeutungen, dem Entwicklungsstand der Kognitionspsychologie der Zeit entsprechend, aber in der Reihenfolge von „Wahrnehmung“, „Deutung“ und „Wollen“ (Buck 2007: 268) durch die verstehende Person sind Schritte der Konstruktion und der Motivation zu erkennen.

Das ‚genetische‘ Lernen führt über das (persönliche, individuelle) Verstehen zum abstrakten ‚Verständnis‘, das von der Person abgetrennt gedacht wird (vgl. Buck 2007: 267). Über die Rolle der Lernenden im darstellenden Unterricht hat sich Wagenschein nicht detailliert geäußert, Verständnis führt er in der Regel kurz auf gelungenes Erklären durch Lehrer zurück. Der Tenor aber lautet, selbst sehen, selbst beobachten, selbst experimentieren, selbst beschreiben, selbst systematisieren – und dann in der Gruppe selbst darstellen und diskutieren. Die Lehrperson kann in die Gruppe eingeschlossen sein oder ihr gegenüber stehen, verstehen müssen die Phänomene und die Folgerungen aus ihnen immer die lernenden Individuen. In diesem Modell wird der seit den Meraner Reformen eingeführte Arbeitsunterricht in ein soziales und kommunikatives Verfahren weiter entwickelt.

Verstehen steht heute nicht im Katalog der Lernzielbestimmung, es wird den Kompetenzen, auf die der Lernprozess ausgerichtet ist, vorausgesetzt. Eine didaktische „Arbeitsdefinition“ lautet:

Verstehen ist ein in einen situativen Kontext eingebetteter, bewusst als auch unbewusst gesteuerter kognitiver Prozess, mit dem Ziel, über eine aktive Such- und Konstruktionstätigkeit eine Gegebenheit (Information) richtig, sinnvoll und

situationsangemessen in eine bestehende kognitive Struktur zu integrieren und diese so zu verändern, dass sie eine kohärente, in sich stimmige Erscheinung bildet. Emotionale Wandlungen vom Gefühl innerer Spannung hin zu Zufriedenheit und Freude beim Erreichen bzw. Verdruss und Enttäuschung bei Verhinderung des intendierten Zielzustandes können den Verstehensprozess begleiten (Urhahne 2002: 21).

Theilmann hat Wagenscheins Verstehensbegriff in Kategorien der didaktischen Kompetenzanalyse untersucht. Er beschreibt „Wagenscheins elegante Wendung ‚Verstehen heißt, selber einsehen, wie es kommt‘“ (Theilmann 2011: 125) als Prozess, Erfahrungswissen zu gewinnen, der anschließend in „Denkwissen“ übergeht. Das Ziel ist, physikalisches Wissen zu generieren, nicht Einzelheiten der Natur zu memorieren. Die kann in Rehms Kompetenzmodell unter der Rubrik „Kompetenz ‚verstehendes Wissen‘“ (Theilmann 2011: 125) verortet werden. Diese Rubrik „integriert verschiedene Wissenstypen“ (Theilmann 2011: 126) (darunter lebenspraktisches und systematisches Wissen). „Somit geht es bei einer „Kunst der Untersuchung“ ähnlich wie beim didaktischen Umgang mit ‚Schülvorstellungen‘ und ‚Konzeptwechsel‘ um Änderungen der Konzeptualisierung des Lerners“ (Theilmann 2011: 131). Dieses Verstehen ist als prozessuale Aneignung von Erfahrungswissen notwendig von systematischen Einleitungen durch den Unterricht abgekoppelt, es geht von Zustand der Neugier aus und ist insofern zu Beginn individuell, als jedes Individuum die Erfahrungen selbst machen muss (vgl. auch Rehm 2010: 25ff.).

Grundlage der eigenen Erfahrungen, wenn sie zum Ziel des Verstehens natürlicher Phänomene führen sollen, ist die Entwicklung der Fähigkeit, Beobachtetes in wahrgenommene Einzelheiten zu zerlegen und Vorgänge „auf den Punkt [zu] bringen“ (Theilmann 2011: 133). Dies erfordert Selbstständigkeit der Lernenden.

In der Physikdidaktik der Gegenwart ist das ursprüngliche Verstehen als Grundmodell für spielerische Einführung in Themen aufgegriffen worden:

In Anlehnung an Wagenscheins Hauptwerk [...] läßt sich für die hier beschriebenen Spiele – vielleicht etwas optimistisch – skizzieren: Schülerinnen und Schüler entdecken physikalische Phänomene mit ihren Sinnen, spielen mit Phänomenen und Sinnen. Aus sinnlichen werden sinnhafte Begegnungen. Kinder und Jugendliche verstehen Physik an ihren Ursprüngen. Sie nähern sich exaktem, wissenschaftlichem Denken (Labude <sup>2</sup>2009: 416f.)

Der offenerzige Zusatz „– vielleicht etwas optimistisch –“ signalisiert jene Vorbehalte, die durch Selbstverständlichkeit und mangelndes Interesse eingebracht werden. Genau dort liegen die Hindernisse.

## 7.7 Naturwissenschaftliche Methode

Wagenschein hat das Erlernen methodischer Verfahren erst als mittelfristiges Unterrichtsziel angesetzt. Phänomene und persönliche Erfahrung an den Anfang des Prozesses zu stellen, schränkt dieses Ziel nicht ein. Grundsätzlich umfasst die Ablehnung eines im Studentakt durchgeführten Unterrichts nach curricularer Systematik keinen asystematischen und schon gar keinen vom Zufall beherrschten Ansatz, wie Engelbrecht zu meinen scheint („dass systematischer Unterricht [...] den Zugang der Lernenden zur Fachsystematik geradezu versperrt“; 2011: 24). Wagenschein hat vielmehr ein sehr systematisches Konzept von Physik im Kopf, wenn er ‚genetische‘ Zugangswege exemplifiziert, in „Natur physikalisch gesehen“ hat er es in Form einer grafischen Skizze dargelegt. Im Prinzip weicht er gedanklich davon im Laufe seiner Entwicklung nicht ab, hebt es jedoch kein zweites Mal in dieser Systematizität hervor.

Seine Warnung vor dem Vortrag fertigen Wissens, dem erst anschließend eine Demonstration an Beispielen oder Experimenten folgt, bezieht sich nur auf die Distanz, die dadurch gegenüber den Lernenden aufgebaut wird: „denn man muss zuerst die unbeschränkte Wirklichkeit unmittelbar vor sich haben“ (Wagenschein 1976: 5). Dass Wagenschein den Terminus ‚Methode‘ selten benutzt, liegt mutmaßlich an dessen älterer Bedeutung, die auf die fach- und stoffliche Systematik mit ihrer unbeliebten Themenfülle zielte (vgl. Hahn 1927). Was heute ‚scientific awareness‘ genannt wird, entsteht nach seiner Beobachtung durch die Einsicht, dass die Hypothesen bildende, erklärende und messende Methode eine Einschränkung der Perspektive beim Umgang mit natürlichen Phänomenen darstellt. Ein zentrales Erkenntnisziel sei die „Nichtselbstverständlichkeit“ der Methode (vgl. Wagenschein 1965/1961: 424).

Eigentlich müssten Lernende dabei auch einsehen können, dass Physik wegen ihrer Methode letztlich einfach ist, viel einfacher als alle interpretierenden Wissenschaften –

was Mach als ‚Ökonomie des Denkens‘ hervorhob (vgl. Mach <sup>2</sup>1889: 475). Wenn man einmal von gewissen Einstiegsschwierigkeiten beim Rechnenlernen absieht, müsste dies Lernenden eigentlich vermittelbar sein – weiter unten wird in diesem Zusammenhang der Frage nachgegangen, warum Schülerinnen und Schüler eigentlich Physik ‚schwierig‘ oder gar ‚kompliziert‘ finden.

Stillschweigend nimmt Wagenschein ‚exaktes Denken‘ als Voraussetzung des abstrakten Verständnisses an, zur eigentlichen methodischen Kenntnis rechnet er aber vor allem die Fokussierung, die Disziplinierung des Denkens: „Physik ist eine sich selbst beschränkende, eine auf kluge Weise verzichtende Wissenschaft“ (Wagenschein 1976: 2).

Deshalb betont er nicht nur die reflexiv gewonnene Einsicht in methodische Beschränkung, sondern auch das Modell, die „Bilder [...] die gedacht werden müssen“ (Wagenschein 1953: 18), die „Landkarte“ (Wagenschein 1976: 2) von der Natur, welche einzig die Physik liefern kann. Die Erfahrung, dass bei der Suche nach Erklärungsmodellen immer nur ein logisch erschlossener Weg verfolgt werden kann, im Gegensatz zu sprunghaften oder phantasiegeleiteten Vorschlägen, dient für Wagenschein dem „Erwerb eines naturwissenschaftlichen Verständnisses“ (Urhahne 2002: 19). Hinführung zur Methode ist im Prinzip immer Abstraktion, Modellierung, die aus der Anschauung des Wirklichen abgezogen werden müsse: „Ich wende mich nicht im mindesten gegen die Pflege der abstrahierenden Intelligenz, aber ich wende mich gegen ihre Isolation. Ich spreche nicht für eine Flucht in die Phänomene, ich spreche für ihren Vorrang und ihre ständige Präsenz“ (Wagenschein 1976: 7).

Wagenscheins genetischer Ansatz dient dazu, den „Antagonismus von Systematik und individueller Erkenntnis aufzulösen“ (Theilmann 2011: 54), indem gewonnenes Erfahrungswissen in strukturelles Wissen übergeführt wird, das sich auf die Systematik beziehen und durch Methodenlehre kontrollieren lässt. Exemplarisches Lernen an Einzelfällen, die anschließend auf andere Fälle übertragen werden, befestigt den methodisierten Zugriff: „Erinnerung an Gleichartiges, Wiederkehrendes aber ist nicht einfach eine Gedächtnisleistung, sondern enthält die Erkenntnis einer Regel“ (Mollenhauer 1983: 28 zit. n. Köhnlein 1998: 69).

## 7.8 Sprache und Physikunterricht

Naives Beobachten natürlicher Vorgänge und ursprüngliches Verstehen seien, so Wagenscheins Auffassung, untrennbar an eigene sprachliche Vorgänge gebunden. Die sprachliche Fassung erfolgt im Stillen oder kommunikativ mit Anderen, immer erfolgt sie im eigenen Sprachregister. Dies ist dem Grundsatz nach in der Fachdidaktik nicht unbekannt, auch wenn heute nicht allgemein angenommen wird, Denken setze Sprache voraus. Die lernpsychologische Bedeutung einer persönlichen Sprachverwendung jedoch wird eher nicht aufgegriffen, statt dessen steht die zu erlernende fachsprachliche Äußerung im Vordergrund. Naive oder umgangssprachliche Ausdrucksweise wird dem Vor- und Grundschulalter zugeordnet: Dort „sprechen die Kinder im Wechsel, zögernd, tastend, suchend. Ihre Worte dienen nicht dem genauen Beschreiben, sie unterstützen vielmehr ihre suchende Bewegung“ (Plappert 2017), später sollen sie dies nicht mehr tun.

Es entspricht durchaus nicht Wagenscheins Auffassung, dass prinzipiell mit der Grundschule die ‚kindliche‘ Redeweise abgeschlossen sein solle. Um Missverständnisse zu vermeiden, sei noch einmal auf seine Verwendung des Terminus ‚Kinder‘ hingewiesen: ‚Kinder‘, deren Rede Wagenschein stellenweise protokolliert, sind auch 13- bis 14-jährige, also nach heutiger Konvention Jugendliche. Deshalb ist es auch voreilig, zu behaupten, in der Sekundarstufe I sei

der Formulierende nun in einer anderen Lage. Er hat verstanden, was ist und kann nun überlegen, wie das, was ist, so formuliert werden kann, dass es für ihn selbst aber auch für andere verständlich ist und bleibt. Dabei geht es um die genaue und überzeugende Unterrichtssprache (Plappert 2017).

Mit einer derartigen Klassifizierung von Sprachgebrauch nach Altersgruppen kann zwar Wagenscheins Modell in aktuelle didaktische Kategorien eingepasst werden, verliert aber seine pädagogische und lernpsychologische Stringenz.

Es wurde bereits oben auf das Themenfeld der ‚Bildungssprache‘ im naturwissenschaftlichen Unterricht hingewiesen. Um die gegenwärtige Diskussion mit Wagenscheins Einsichten und Vorschlägen in Beziehung zu setzen, muss die Sprachbeschreibung noch einmal detaillierter rekapituliert werden. Der Terminus

„Bildungssprache“ stellt keinen besonderen Schwerpunkt in der Physikdidaktik dar, wird aber sowohl von der Naturwissenschaftsdidaktik als auch von der Sprachpädagogik in naturwissenschaftlicher Hinsicht untersucht. Insofern schließt diese allgemeinere Themenstellung auch den Physikunterricht ein. Eine Präzisierung der schulischen Anforderungen gegenüber einer die ganze gesellschaftliche Kommunikation betreffenden Sprachverwendung trennt zwischen „Unterrichtssprache“ und „Bildungssprache“ (vgl. Feilke 2012: 6). Gemäß der linguistischen Unterscheidung in mündliche und schriftliche Sprachverwendung (Thürmann 2012: 5) tendieren Schul- wie Bildungssprache formal zur Schriftlichkeit, was vollständige Sätze, gewähltere Ausdrucksweise und strategischen Aufbau der Aussage einschließt. Ein Schaubild von Helmuth Feilke möge hier die Darstellung abkürzen und einen systematischen Überblick über die Positionierung verschiedener Sprachregister zueinander veranschaulichen:

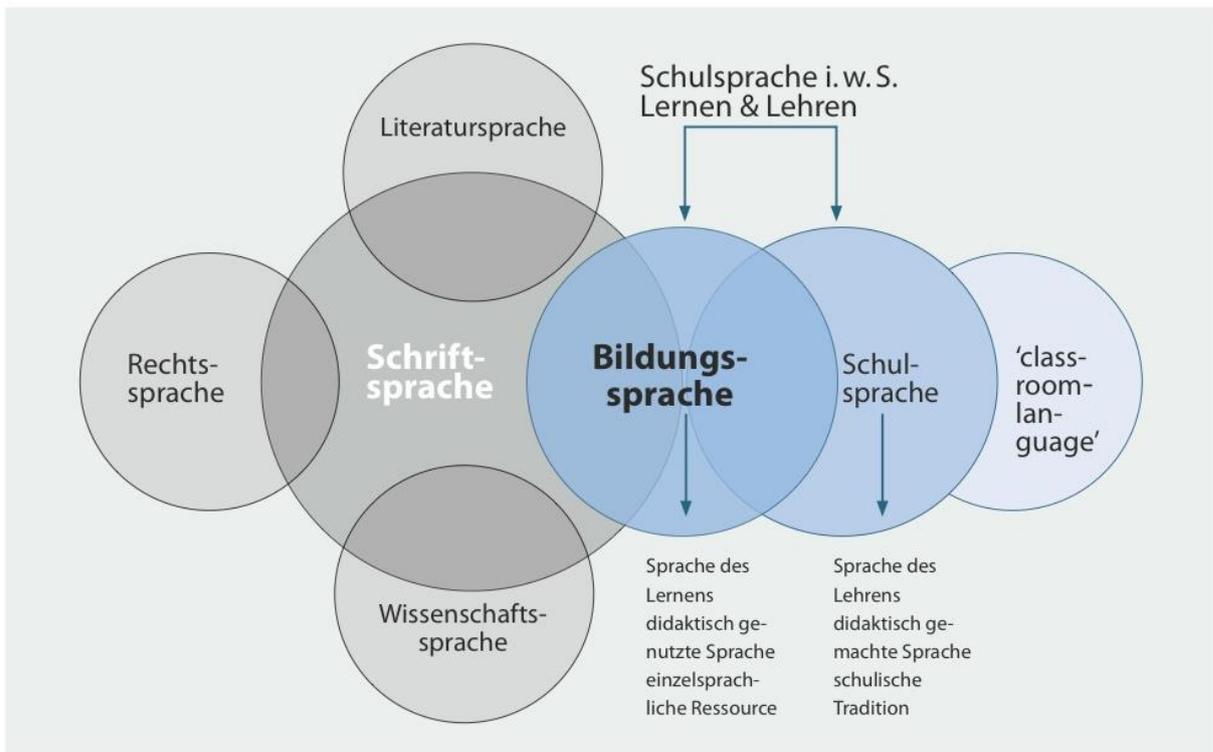


Abb. 13: Quelle: Feilke 2012: 6. „Sprachregister im Verhältnis zueinander“

Die Unterteilung von Sprachregistern aus linguistischer Sicht ist in der Grafik stärker differenziert als die häufig anzutreffende Zweiteilung in Bildungs- und Alltagssprache. Letztere geht in den Überblick überhaupt nicht ein, nur der Bereich der Klassenraumsprache („class room language“) verweist auf die Redegewohnheiten der Lernenden, insofern sie nicht mit der offiziellen Unterrichtssprache deckungsgleich sind. Alltagssprache als Ausdrucksweise, die in allen täglichen Handlungsfeldern – vor allem im privaten Bereich – Anwendung findet, ist rechts von der Klassenraumsprache anzusetzen. Sie ist von der an Schriftnormen orientierten Bildungssprache weit entfernt. Die Unterscheidung zwischen einer allgemeinen alltäglichen Umgangssprache und der Schülersprache scheint aber durchaus sinnvoll, selbst wenn sie sich partiell überschneiden, weil bei Jugendlichen von einer generationen- oder kohortenspezifischen Sprachverwendung (Jugendsprache) auszugehen ist. Anstatt zwischen einer gesellschaftsumfassenden Alltagssprache und einer ebenso universellen Bildungssprache zu unterscheiden, scheint es sinnvoller, die Redeweise der Jugendlichen im engeren Kontext zu betrachten, um mögliche Übergangsschwierigkeiten auf Schulsprache näher zu bestimmen. Auch Wagenschein geht von einer persönlichen „kindlichen Sprache“ aus, die sich im konkreten Fall mit der Reflexion des Gegenstandes zur Schulsprache hin entwickelt.

Wendet man das abgebildete Schema auf naturwissenschaftlichen Unterricht an, fällt allerdings der zu große Abstand der Schul- zur Wissenschaftssprache auf, denn zumindest in einigen Fachwörtern und Aussagen – etwa der sprachlichen Wiedergabe von physikalischen Gesetzen, die auch in Formeln repräsentiert werden können – bestehen ebenfalls direkte Schnittpunkte, die in der Grafik nicht wiedergegeben sind. Aus Wagenscheins Perspektive jedoch ist dies insofern kein Manko, als Fachsprache ohnehin erst in der Sekundarstufe II, und auch dort nur in kleinen Anteilen, eingeführt werden sollte.

Die erforderlichen sprachlichen Mittel und Textstrategien für den Physikunterricht überschneiden sich nicht nur mit anderen naturwissenschaftlichen Fächern, sondern mit anderen Fächern überhaupt. Eine praxisnahe Beschreibung des „Registers“ der Schulsprache scheint jedoch auch in der Linguistik nur näherungsweise und beispielhaft möglich. Typisch für das Fach Physik wäre etwa das Versuchsprotokoll als Textsorte

(vgl. Boubakri et al. 2017: 340ff.), die in anderen Fächern hervorzuhebende Erörterung (vgl. Feilke 2012: 6) mit Für- und Widerargumenten samt abwägendem Fazit dürfte hier eine nachgeordnete Rolle spielen. Auch die Textsorte des Protokolls wird selbstverständlich fächerübergreifend eingeübt und ist aus sprachorientierten Fächern bekannt. Besonderheiten der Physik bestehen hier nicht in der Textstruktur, sondern in der Lexik und in eindeutigen logischen Bezügen, die eine Reduktion der sprachlichen Mittel einfordern. Die Tatsache, dass Boubakri et al. die schriftliche Fixierung einer fachspezifischen Textsorte zum Untersuchungsgegenstand wählen, verweist noch einmal auf die Anbindung der Schul-Fach-Sprache an die Schriftlichkeit. Auch Wagenschein sieht darin die höchste erreichbare Ausdrucksstufe, die von Abstraktion und möglichst einfacher Darstellung geprägt ist und damit der perspektivischen und methodischen ‚Beschränkung‘ (vgl. Wagenschein 1976: 2) der Physik entspricht.

Die in vielen Aufsätzen zur naturwissenschaftlichen Sprachverwendung hervorgehobene Lexik, der Spezialwortschatz der Fachwörter, umfasst eher eine kleine Anzahl von Ausdrücken, die unter anderem durch die semantischen Unterschiede zur alltäglichen Bedeutung gekennzeichnet ist. Fachübergreifend wird allgemein die Erweiterung des Wortschatzes, auch in Form von weniger geläufigen Wortbildungen, betont. Was gemeint sein kann, ist in folgender Beispieltabelle verzeichnet:

<b>Lexikalische Mittel</b>	<b>Beispiele</b>
nichtfachliche Fremdwörter	<i>Definition, Desiderat</i>
wenig gebräuchliche Wörter	<i>Obhut, Salzbergwerk</i>
unpersönliche Ausdrücke	<i>man, der Autor, lässt sich</i>
differenzierende und abstrahierende Ausdrücke	<i>hochverdichtet, dünnflüssig</i>
anaphorische und kataphorische Referenten	<i>diese/-e/-s, jene/-r/-s, hier, dort</i>
Nominalisierungen	<i>Durchmesser, Generator, Erzeugung</i>
Komposita	<i>Winkelmesser, Periodensystem</i>
Präfix-/Suffixverben und -adjektive	<i>erhärten, aufnehmen, verformbar</i>
unflexierbare Formwörter	<i>dagegen, während, obgleich</i>
Abkürzungen	<i>OECD, cm, m</i>
Operatoren	<i>beschreiben, analysieren, vergleichen</i>

Abb. 14: Quelle: Kleinschmidt-Schinke 2018: 49. „Wörtergruppen der Schulsprache“

Die zuletzt genannten sprachlichen Mittel sind eine Oberflächenerscheinung, sie dienen der Realisierung von Rede- oder Schreibabsichten im Hinblick sowohl auf den darzustellenden Inhalt als auch auf die Hörer oder Leser. Wenn gefragt wird, wie Lernende dahingehend gefördert werden sollen, dass es ihnen gelingt, die schul- oder fachüblichen Mittel auszuwählen, wird immer schon vorausgesetzt, dass sie das Mitzuteilende in dem Maße kennen, dass sie ‚nur‘ noch die geeignete Ausdrucksform finden müssen. Die Kompetenzerwartung der Lehrpläne enthält genau diese Erwartung, wenn eine Kommunikationskompetenz zusätzlich zum inhaltlichen Stoff eingeführt wird.

Wagenscheins Vorstellungen zu diesem Problemkreis geben weiterhin Anlass nachzufragen. Kann Inhalt kognitiv bewältigt sein (‚verstanden‘), ohne dass die Individuen sich darüber zu äußern vermögen? Für Wagenschein sind Äußerung und Verstehensprozess untrennbar miteinander verbunden: „Die physikalische Auseinandersetzung mit der Natur [...] ist [...] immer auch ein Denken [...] Damit zusammen aber zugleich auch ein Sprechen“ (Wagenschein 1995: 130). Dieser Standpunkt wird zunächst durch das Argument gestützt, dass kein Individuum eine abstrakte Einsicht, sein Verstehen, anders zeigen kann als durch eine Äußerung. Die Forderung, letztere solle möglichst im angemessenen Register der Schulsprache erfolgen, wäre dann eine Stilfrage, eine Forderung nach Anpassung an geltende Äußerungsnormen. Wenn dies das Hauptproblem für viele Lernende darstellt, wäre zuerst einmal zu fragen, in welcher anderen Form Äußerungen des Verstandenen erfolgen. In der „subjektivierenden Sprache“ des Alltags“ (Gebhard et al. 2017: 43)? Davon wird in der Regel nichts berichtet und wenn Wagenschein beobachtende Jugendliche beschreibt, verweist er auf ihre persönliche Ausdrucksweise, nicht auf einen Gegensatz zwischen subjektiver und objektiver Darstellung. Auch seine Exegeten sehen die individuelle Ausdrucksweise als Durchgangsstadium „zu exaktem wissenschaftlichem Denken und Sprechen“ (Köhnlein 1973: 572). Der beobachtete Gegenstand dominiert den Vorgang, nicht ein Gegensatz zwischen möglichen Ausdrucksformen. Anzumerken ist hier auch, dass Wagenschein die individuelle Äußerung für den jeweils vom Individuum vollzogenen Lernpfad für ausschlaggebend hält, nicht die Redekonventionen, aus der die individuellen Äußerungen entnommen sein mögen – auch Alltagssprache bildet ein

konventionalisiertes Register, welches eine Auswahl an Ausdrucksmöglichkeiten bereitstellt.

In der fachdidaktischen Literatur sind an einigen Stellen Überlegungen vorhanden, dass ein Verstehen vor der sprachlichen Äußerung gegeben sei. Annahmen betreffen etwa „eine mentale Infrastruktur des Gegenstandes“ (Combe / Gebhard 2012:76), wie immer diese mental repräsentiert sein könnte. Die Nähe zu einer sprachlichen Repräsentation wird allerdings in Betracht gezogen, „[m]entale Repräsentation und sprachlicher Ausdruck sind eng verbunden“ (Gebhard et al. 2017: 108). Das Modell „mentale Repräsentationen“ dient in der Kognitionswissenschaft „zur Erklärung geistiger Fähigkeiten wie Sprache und Wahrnehmung, Erinnern oder vernünftiges Schließen und Handeln“ (Schlicht / Smortchkova 2018: 9). Der Verstehensprozess wird darauf zurückgeführt. Als Grundlage des Modells gelten intellektuelle Strukturen, die im Gehirn vorgegeben sind, sie ermöglichen „komplexe Relationsgefüge eines vernetzt organisierten mentalen Modells“ (Gantefort 2013: 91). Solcherart „mental repräsentierte Sachverhalte“ (Gantefort 2013: 79) entstehen auf Basis einer übergeordneten Sprachstruktur, die entweder nach Chomsky als „Universalgrammatik“ (Schlicht / Smortchkova 2018: 10) bezeichnet wird oder nach Coseriu als „allgemeinsprachliche Ebene“ (Gantefort 2013: 78). Diese allgemeinen Strukturen, die Verknüpfungen zwischen Wahrgenommenem oder Imaginiertem herstellen, verhalten sich zu den konkreten Sprachen, in denen Äußerungen geschehen, wie eine Metastruktur. Daraus werden sachbezogene Äußerungen schließlich mit „einzelsprachlichen Mitteln“ (Gantefort 2013: 91) in eine konkrete Einzelsprache encodiert. Da diese Einzelsprache, also im vorliegenden Fall Deutsch, über die bereits dargestellten verschiedenen Register verfügt, können die grammatisch-logischen Verknüpfungen ebenfalls in unterschiedlichen Registern geäußert werden. Für Wagenschein liegt die Klärung oder überhaupt Konstruktion der Verknüpfungen in den drei Phasen des naturwissenschaftlichen Sprachgebrauchs (vgl. Wagenschein 1995/1962: 130).

Aus Annahmen zu einer grundlegenden sprachlich-logischen Struktur des Wissens heraus ist auch nachzuvollziehen, warum Mach und Kerschensteiner dem altsprachlichen Unterricht eine wichtige Rolle beim Lernen logischen Denkens zuerkennen. Diese sei auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht nützlich, nur dass die

naturwissenschaftliche Logik mehr „Stetigkeit und Folgerichtigkeit“ sowie „Einfachheit und Übersichtlichkeit“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 333) aufweise. Auch ihre Anwendung, die auch nach Kerschensteiners Auffassung nicht von „Denktätigkeit in Wortbildern“ (Kerschensteiner 1952: 44) zu trennen sei, beruhe auf vergleichbaren „logischen Übungen“ (Kerschensteiner 1952: 51). Während Wagenschein sich bei seinem erfahrungsgestützten Optimismus auf die logische Schulung durch (universal)grammatische Sprachkompetenz verlassen kann, ist diese Basis nach fachdidaktischer Meinung in der Gegenwart weggebrochen. Insofern könnte – versuchsweise – abgeleitet werden, dass der Verlust universalgrammatischer Kompetenz generell das Erlernen der im Vergleich einfacheren naturwissenschaftlichen Logik erschwert.

Auch wenn Wagenschein nicht kognitionspsychologisch argumentiert (die maßgeblichen Modelle entstanden erst seit den 1950er Jahren; vgl. Schlicht / Smortchkova 2018: 9ff.), legt er höchsten Wert auf die sukzessive mentale Erarbeitung der drei Sprachregister, wobei das persönlichste „die große Ahne [ist], der Boden, aus dem allein Physik hervorgelockt werden konnte und kann (Wagenschein 1995: 130). Sein bereits mehrfach zitiertes Bedenken, eine vorschnelle Einführung von Fachtermini „züchte[...] leere Worte“ (Wagenschein 1995: 132), betont den sprachlich-verstehenden Annäherungsprozess an den Gegenstand von der nicht-terminologischen Seite her. Dies wäre als Modell möglicherweise Erfolg verheißend angesichts der bestehenden Schwierigkeiten mit Sprache im Physikunterricht. Die in vielen fachdidaktischen Publikationen festgestellte Divergenz zwischen Alltags- und Unterrichtssprache bis hin zur Fachsprache ist nach Wagenscheins Ansicht für die Lernenden kein Hindernis, wenn sie in der genetischen Lernweise von persönlicher Redeweise nach und nach über Generalisierungs- und Abstraktionsebenen zur Phase III der ‚echten Physik‘ vordringen. Wenn dies ein reproduzierbares Modell wäre, würden sich die fortgesetzten Reflexionen der Registerunterschiede als Gegenstand fachdidaktischer Konzeptionalisierung weitgehend erübrigen.

Eine Vermittlung zwischen zwei Registern, in denen „die objektivierende ‚Sprache‘ der Naturwissenschaft und die subjektivierende ‚Sprache‘ des Alltags oft sehr unterschiedlich sind“ (Gebhard et al. 2017: 43) müsste keine didaktische Methodisierung erhalten, weil

der Übergang von der ersten bis zur dritten Phase die Registerprogression erlebbar macht. Vor allem der Aspekt der – vermeintlichen – ‚Subjektivität‘ der Alltagsrede könnte weitgehend ausgeblendet werden, wodurch die irreführende Auffassung, ein konventionalisiertes umgangssprachliches Register müsse eine ‚subjektive‘ Dominanz aufweisen, aus der Welt zu schaffen wäre. Hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass Subjektivität des Ausdrucks eine individuelle Auswahl sprachlicher Mittel mit Bezug auf eine individuelle Aussageabsicht bezeichnet und nicht ein strukturelles kollektives Zwangsmuster dieses Registers. Register sind nicht ‚subjektiv‘ geprägt, die Subjektivität ist immer eine Artikulationsentscheidung von Einzelnen (Subjekten). Auf der Grundlage von Erfahrungen bei der zuerst naiven und dann zunehmend abstrahierend-reflexiven Rede über Naturgegenstände kann selbstverständlich ein „Einüben eines bewussten Wechsels der Sprachregister im Unterricht“ (Pineker-Fischer 2015: 68) geschehen, damit die Lernenden sich der Unterscheidung zwischen Gespräch mit Nicht-Physikern und fachlich Informierten zu bedienen üben (Lernende sollen hier in Wagenscheins Sinn nicht als Fachspezialisten gelten, sondern nur partiell mit fachsprachlichen Komponenten vertraute Personen).

Wagenscheins Konzept der drei Sprachphasen bildet im Rahmen der heutigen dilemmatischen Unterrichtserfahrung einen bedenkenswerten Vorschlag. Im Ansatz wird auch durchaus in Betracht gezogen, „dass eine sinnlich-lebensweltliche und daher verständliche Umgangssprache ausreicht, um auch im Physikunterricht zu kommunizieren, mehr noch, dass die Umgangssprache für ein ursprüngliches Verstehen der Physik notwendig ist“ (Kircher 2009: 58). Ob Teilnehmer an einer entsprechenden genetischen Unterrichtseinheit mit der Beschreibungsprogression von der ersten bis zur dritten Phase bei Kompetenztests à la PISA besser abschneiden würden als solche, die dasselbe Thema in darstellendem Unterricht in Unterrichtssprache gehört haben, wäre zu überprüfen. Dies wäre aber empirisch prüfbar. Ob ein solches Verfahren heute überhaupt durchführbar wäre, bleibt zu problematisieren. Das soll keine Zweifel an einigen leuchtenden Beispielen der ‚Lehrkunst‘ wecken, von denen Aeschlimann (1999), Gerwig (2015) und andere berichten, vielmehr geht es um Möglichkeiten des Unterrichts mit durchschnittlichen Lernenden der Sekundarstufe I. Dabei müssen Einschränkungen

bedacht werden, die aus der gesellschaftlichen Bewusstseinslage und den Einstellungen der Lernenden bezüglich Physik hervorgehen.

Die Annahme, Alltagssprache behindere wegen einer notwendig enthaltenen ‚Subjektivität‘ den Übergang zu fachsprachlichen Elementen, wurde bereits in Frage gestellt. Wenn „Exaktheit, Abstraktheit, Komplexität und Deagentivierung [als] fachsprachliche Eigenschaften“ (Kircher <sup>2</sup>2009c: 117) Schwierigkeiten bereiten, liegt das nicht am System der Alltagssprache, sondern an der Verwendungsweise, der sprachlichen Realisierung durch Lernende. Natürlich ist ein Lernprozess hin zur – um eine Bezeichnung aus der Spracherwerbs-Linguistik zu verwenden – „erwachsensprachlichen“ (Schmidlin / Feilke 2005: 14) Ausdrucksweise erforderlich. Dass dies schwieriger ist, wenn einige Schülerinnen und Schüler weder zuhause noch anderswo, etwa in beliebigen Medien, entsprechende Vorbilder kennen gelernt haben, ist nicht zu bestreiten. Deutschlernen sollte jedoch, bezogen auf schriftliche und mündliche Standardsprache, dem Physikunterricht vorausgesetzt sein. Auf dieser Basis ist ein sukzessives, klassenstufengerechtes Gerüst („Scaffolding“; vgl. Thürmann 2012; Pineker-Fischer 2015) möglich.

Ein fehlender Ansatz des bildungssprachlichen Registers wird keineswegs als Ausnahme oder Einzelercheinung beschrieben. Es stellt sich in dem Zusammenhang die Frage, durch welche Gegebenheiten jugendliche Sprachverwendung überhaupt dominant geprägt ist. Es handelt sich wohl kaum allein um die Sprachpraxis im Elternhaus, die über die Kommunikationsweisen im Jugendalter entscheidet. Vielmehr dominieren immer stärker jugendsprachliche Varietäten (vgl. Androutsopoulos 1998; Neuland 2008). Diese generationenspezifischen Register sind weit verbreitet und strukturell ausgeprägt, es geht nicht nur um ein paar ‚neue Wörter‘. Es könnte für die Didaktik aufschlussreich sein, die Ausdrucksmöglichkeiten dieser Redeweisen zu untersuchen, um Differenzen zur fachspezifischen Unterrichtssprache festzustellen.

Eine viel beachtete Jugendvarietät ist die digitale Schriftlichkeit der Messengerdienste und Sozialen Medien, in der die Linguistik komplexe Konventionen beobachtet: „Die spezifische Nutzung durch Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene unterscheidet sich von derjenigen von älteren Erwachsenen“ (Wagner 2014: 10). Da die Linguistik und andere den innovativen Charakter dieser Varietät hervorheben, kann die Erscheinung als

produktiv und zeitgemäß bewertet werden. Für eine Alltagskommunikation reichen diese von Jugendlichen gepflegten Varietäten aus. Eine Frage, die bisher nicht gestellt wurde, müsste darauf abzielen, was solche immer weiter verbreiteten neuen Redeweisen überhaupt auszudrücken in der Lage sind. Elemente daraus müssten in der wagenscheinschen Phase I der Phänomenbeschreibung auftauchen. Es wäre beispielsweise möglich, dass die selbstgewählte und intuitiv erlernte Jugendsprache beim Zusammenhang von Denken und sprachlicher Fassung die Abstraktion einschränkt. Wenn das Verhältnis zwischen Sprachkompetenz von Schülern und ihrer Ergänzung um fachsprachliche Elemente reflektiert wird, müsste verstärkt auf die Denk- und Spracheinschränkungen geachtet werden, die von den neuen (digitalen) Sprachvarietäten ausgehen. Trotzdem dürfte daraus nach Wagenscheins Modell kein Hindernis für die sukzessive Entwicklung einer unterrichtssprachlichen Ausdrucksweise hervorgehen.

An dieser Stelle ist Wagenscheins eigene, stets auf Verstehen ausgerichtete, Sprache zu thematisieren: Wagenschein hat eine große „Lust am Klarmachen“ (Hentig 2005: 533) und dazu benutzt er eine klare, verstehbare und bildliche Sprache. Fremdwörter und Fachbegriffe stellt er anfänglich hintan und lässt die ‚Kinder‘ ihre Erfahrungen in ihrem Horizont selbst ausdrücken, wobei „die Zone der erst stammelnden, dann genauen Muttersprache nicht, wie ein lästiges Vorzimmer, überrannt werden darf, sondern der eigentliche Verweil-Raum sein sollte, aus dem erst mit den letzten Schritten die exakte Fachsprache heraustritt. Die Muttersprache ist die Sprache des Verstehens, die Fachsprache besiegelt es, als die Sprache des Verstandenen“ (Wagenschein 1965/1950: 162). Den Begriff ‚Muttersprache‘ wird man als Jugendsprache in den heutigen Kontext transponieren müssen – für Wagenschein ist es allerdings vorrangig, die Jugendlichen in ‚ihrer‘ Sprache abzuholen, wobei Wagenschein stets darauf achtet, dass er sich selbst als Lehrer wohlverständlich ausdrückt, was ihm selbst bezüglich seiner Reputation zum Nachteil gereicht haben dürfte:

Eine seiner besonderen Stärken erweist sich in dieser Lage als eine Schwäche: seine reine, empfindsame deutsche Sprache. Einfach und bildhaft, gebildet und ohne jede Präntention, scheint sie mit dem Wissenschaftsjargon der anderen nicht konkurrieren zu können. Würde er statt „ursprüngliches Verstehen“ „Kongruenz von kognitiven und affektiven Prozessen“ sagen, statt „ungebrochene Anschauung“ „integrale Apperzeption“, statt „Aufgaben aus der Schulwirklichkeit“ „Projektmethode“, statt Lernen-Wollen „Motivation“ – er hätte heute seinen festen Platz unter den

internationalen Curriculum-Größen von Bruner bis Ausubel (Hentig 1969/2005: 540f.).

## 7.9 Kultur – zwei Kulturen

Die Gegenüberstellung von Geistes- und Naturwissenschaften dominierte die Diskussion um eine Erweiterung des Bildungsbegriffs seit dem 19. Jahrhundert (wobei Mathematik in der Regel den letzteren zugerechnet wurde). In heutigen Kompendien der Naturwissenschaftsdidaktik wird eine Gegenüberstellung fortgeschrieben. Dass es auf der anderen Seite, in einem konservativen Bildungslexikon, auch rezent noch heißt „So bedauerlich es manchem erscheinen mag: Naturwissenschaftliche Kenntnisse müssen zwar nicht versteckt werden, zur Bildung aber gehören sie nicht“ (Schwanitz 1999: 483), mag nicht weiter verwundern. Auch vehement vorgetragene Gegenpositionen vermögen am Fortbestand traditioneller Kanones nicht viel zu ändern (vgl. Fischer <sup>7</sup>2002; Stock 2017: 19ff.). Doch die nachhaltige Trennung zwischen zwei großen Fachgebieten durch die naturwissenschaftliche Seite signalisiert, dass eine Vorstellung von integraler Bildung weiterhin fern liegt.

Der Begriff ‚Kultur‘, auf den sich Bildungskonzepte als ‚Teilhabe an Kultur‘ beziehen, schließt naturwissenschaftliches Wissen im Mehrheitsverständnis (noch) nicht ein, auch wenn seit dem Beginn der disziplinären Ausdifferenzierung in der universitären Forschung (vgl. Stichweh 1984) immer wieder vereinzelt Ansprüche erhoben wurden, Naturwissen sei ebenfalls Bestandteil der Kultur. Seit Ernst Machs geistes- und naturwissenschaftlicher „Kulturarbeit“ (Mach <sup>3</sup>1903b: 317) über Kerschensteiners „alle [...] dinglichen, persönlichen und geistigen Güter“ (Teichmann 2003: 16) sowie Litts Integrationsbegriff bis zu aktuelleren Formulierungen „Physik als Kulturtechnik zu begreifen“ (Theilmann 2011: 29), wurde keine umfassende Bedeutung von ‚Kultur‘ akzeptiert, obwohl „Naturwissenschaften wesentliche Errungenschaften unserer Kultur sind“ (Gräber / Nentwig 2002: 9). „Die Verknüpfung mit den geisteswissenschaftlichen Fächern herzustellen“ (Hahn 1927: 7) blieb ein Desiderat, welches aber vom Gegensatz her gedacht wird, der nicht durch Rekurs auf eine ältere Einheit, sondern durch Verknüpfung zweier einander fremder Domänen entstehen sollte. Auffällig ist, dass die alten Texte, auch wenn sie pro Naturwissenschaften argumentieren, durchweg den Anschein erwecken, als sei Naturwissenschaft ein wenig unwürdig und ihrer selbst nur

gewiss, wo sie uneingeschränkt dominieren kann. Im Bereich der Allgemeinbildung aber, auch für die Medien, besteht ‚Kultur‘ aus Musik, Theater, Kino und anderen. ‚Kulturschaffende‘ bezeichnet keine Physiker.

Die Kluft zwischen zwei Fachgebieten besteht heute durchaus nicht mehr mit denselben Voraussetzungen wie bis in die 1960er Jahre. ‚Geisteswissenschaften‘ ist auch heute noch als Gegenbegriff zu ‚Naturwissenschaften‘ geläufig, gerade die naturwissenschaftliche Fachdidaktik kommt nicht davon los (vgl. Gebhard et al. 2017: 5), obwohl die früher so genannten Fachgruppen sich nach dem sogenannten ‚cultural turn‘ längst lieber als ‚Kulturwissenschaften‘ bezeichnen und sogar die ehemalige Musterdisziplin Altphilologie darunter subsummieren (vgl. Schmitz 2012: 255). Auch in dem darin verwendeten Begriff von ‚Kultur‘ aber ist die Naturwissenschaft eben nicht eingeschlossen.

Eine weitere Fächergruppe, die aus dem ehemaligen Komplex der Geisteswissenschaften ausdifferenziert wurde, sind die Sozialwissenschaften. Davon betroffen ist auch die Didaktik selbst, sie „musste ihre Orientierung an den Geisteswissenschaften aufgeben und sich stattdessen den Sozialwissenschaften zuwenden. Die Erziehungswirklichkeit sollte nicht länger mit hermeneutischen Verfahren interpretiert, sondern mit sozialwissenschaftlichen Methoden empirisch erforscht werden“ (Rieger-Ladich 2014: 71).

Zum vorerst letzten Mal entwickelte sich eine lebhafte öffentliche Debatte um ‚zwei Kulturen‘ seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts, ausgelöst von Charles Percys Aufsatz „The two cultures“ (1959; dt. 1987). Darin wurde noch einmal eine von Literatur beherrschte Kultur einer anderen, naturwissenschaftlich dominierten, gegenübergestellt (vgl. Gebhard et al. 2017: 35). In der deutschen Diskussion hat Wolf Lepenies diesen schließlich eine dritte Kultur, die der sozialwissenschaftlichen Disziplinen, beigelegt (vgl. Lepenies 1985). Diese Dreiteilung konnte sich jedoch nicht durchsetzen, obwohl die Abtrennung der Sozialwissenschaften von den Kulturwissenschaften seit den 1960er Jahren offensichtlich wurde. Einen vereinheitlichten Kulturbegriff gab es im öffentlichen Bewusstsein vor diesem Hintergrund nicht, entsprechend wurden auch in den schulischen Curricula die Fachgebiete separat gewertet. Die Einzelheiten der Debatte, die für beide oder drei Fachgebiete ins Feld geführt wurden, sollen hier nicht weiter interessieren.

Nachhaltige Wirkung entfaltete in Bezug auf die Einschätzung des Physikunterrichts weiterhin die Betonung des Bedarfs an Spezialisten, die fortan in der Auffassung von Physik als ‚schwierigem Fach‘ mündete.

Soziale und politische Gründe für die aus der Tradition erwachsene Dichotomie zwischen den Fachgebieten wurden oben bereits genannt, im Folgenden geht es um die Anregungen, die Wagenschein seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts für eine Schließung der Kluft vermittelte. Historische Ideale bieten in seinen Augen Goethe und Lichtenberg: „Nichts von der Spaltung zwischen Natur- und Geisteswissenschaft“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 25). Wagenschein idealisiert damit historische Haltungen, die vom Aufschwung naturwissenschaftlichen Interesses profitierten, ohne sich noch in der disziplinären Ausdifferenzierung für die eine oder andere Seite entscheiden zu müssen. Wagenschein schätzt an beiden historischen Autoren ihre universellen Interessen, ihre Fähigkeit, unterschiedlichste Sichtweisen sprachlich-gedanklich vorbildlich zu repräsentieren und zugleich methodische Alternativen der Naturwissenschaft zu reflektieren. Alle Teile der historischen fachübergreifenden Kultur enthalten eine Rückbindung an die Natur als umfassenden Gegenstand, was für Wagenschein der entscheidende Anknüpfungspunkt ist, von dem aus er den Bildungsanspruch der Physik erhebt.

Angesichts der dynamischen Entwicklung naturwissenschaftlich-technischer Weltgestaltung wollten nach dem Zweiten Weltkrieg auch Bildungstheoretiker (wie Hunger, Litt, Klafki und andere) die hohe Bedeutung naturwissenschaftlicher Fächer nicht mehr ignorieren. Neben der Bildungstheorie wirkte, wie bereits immer wieder gesagt, vor allem der Gesichtspunkt des wachsenden Fachkräftebedarfs. Gerade diese – seit dem späten 19. Jahrhundert gängige – Forderung aber, das Schulsystem möge auf Fachkarrieren vorbereiten, besiegelte weiterhin die Kluft zwischen den Domänen. Sie lenkte von einer integralen Allgemeinbildung ab und verlieh den Naturwissenschaften nachdrücklich einen Rang bevorzugt gesuchten Spezialistentums. Dieser Gegensatz ist Wagenschein – schon lange vor der wissenschaftshistorischen und -theoretischen Analyse dieser kulturellen Kluft – in der curricularen Konzeption des Schulunterrichts, aber auch in der öffentlich wahrnehmbaren Allgemeinbildung aufgefallen.

Oberflächlich betrachtet, könnten die fachdidaktischen und Lehrplanbegründungen für den Physikunterricht von Wagenscheins Vorstellung fächerübergreifender Inhalte und Kompetenzen beeinflusst sein. In der Physikdidaktik wird immer wieder auf nicht-physikalische Elemente hingewiesen, nicht nur auf die Sprachdefizite der Lernenden. Doch zielt dies nicht auf eine Integration der Allgemeinbildung. Physik wird nicht zur Kultur gerechnet, jedenfalls nur dort, wo ein sehr verallgemeinerter Kulturbegriff Anwendung findet.

### 7.10 Interesse

Im Folgenden werden unter dem Schlagwort des Interesses verschiedene Fragen der Einstellung, der Wertschätzung und der didaktischen Aufbereitung von physikalischen Fragen zusammengefasst. Im Vordergrund steht die Perspektive der Lernenden. Wagenschein begann die Einführung stets mit überschaubaren Beispielen, die aus dem Gegenstandsbereich ‚Natur‘ gewissermaßen an jeder beliebigen Stelle der umgebenden Lebenswelt hervortreten können. Die Funktionsweise von Natur ist allgegenwärtig, also kann sie auch überall als existentielle Basis beobachtet werden. Die Wissenschaftlichkeit eines solchen Blickes auf die Lebensgrundlagen von Anfang an zu betonen, hält er für störend beim Erwerb eines Grundverständnisses. Das hat einerseits mit Lernökonomie und einem zielgerichteten ‚Selbstlernen‘ zu tun, zugleich aber auch mit einem zuversichtlichen, heute naiv anmutenden Blick auf kindliche Neugier (es sei daran erinnert, dass 15-Jährige für Wagenschein durchaus Kinder sind). Man hat Wagenscheins Vorstellung von der Psychologie Jugendlicher in dieser Hinsicht als „romantisch“ (Thiel 1998: 58) problematisiert. Dem ist entgegenzuhalten, dass eine ‚unromantische‘ Akzeptanz sich ‚cool‘, also künstlich unberührbar gebender Jugendlicher eine Barriere hinnimmt, die auch durch didaktische Tricks der Interesse-Weckung oft nur schwer zu durchbrechen ist (sonst gäbe es weder so viele Abhandlungen darüber noch hilflose Lehrpersonen).

Statt ‚Natur‘ konsensuell als Gegenstand vorauszusetzen, wird in aktuellen fachdidaktischen Publikationen hingegen pauschal der Aspekt der Wissenschaft betont. ‚Physik ist, was Physiker tun‘ und der Unterricht zielt auf eine „Schüler(in)-Physik-

Beziehung“ (Lechte 2008: 69), nicht Schüler(in)-Natur-Beziehung. Möglicherweise wird durch diese Perspektive der Unterrichtsstoff auratisiert, auf ein Podest gehoben, wo er den Vorurteilen, Naturwissenschaft sei etwas Schwieriges, um so mehr unterworfen ist. Das Kompositum ‚Naturwissenschaft‘ schließt als Leitbegriff zwar ‚Natur‘ ein, aber dieser Begriff selbst kommt in physikdidaktischen Publikationen so gut wie gar nicht vor. Die Bedeutungen, die der Begriff heute in der Öffentlichkeit überwiegend hat, zielen ja sogar auf andere Aspekte, ein umfassender Naturbegriff müsste für das Alltagsverständnis neu eingeführt werden.

Wo Wagenschein immer Distanz wahren wollte zu Methodik, Fachsprache und voreiligen Erklärungen oder Hypothesen, wird heute die Kluft zwischen Natur als Erkenntnisgegenstand und wissenschaftlichem Ansatz als Erkenntnismittel, die Wagenschein schrittweise aus der Perspektive der Lernenden zu schließen empfiehlt, übersprungen:

Auf solche Weise ergibt sich für alle ein Dämmerlicht [...] Die im hier angedeuteten Sinne nur verstörten und betäubten Kinder werden den wirklich unbegabten – die allgemein in der Abstraktionskraft nicht ihre Stärke haben – gleichgesetzt. Sie werden für unbegabt oder für faul gehalten [...] Wenn man so die kindliche Apathie oder gar den Widerstand verkennt, so scheint es keinen Ausweg mehr zu geben als [...] das Kind unter den äußeren Druck der Notenfurcht und des stimulierenden Ehrgeizes zu setzen (Wagenschein 1965/1961: 426).

Durch den unvermittelten Einstieg in Physik als Wissenschaftssystem ist die Phase entwertet, in der Wagenschein Neugier entstehen sieht und die Entwicklung von Findigkeit erwartet (im Sinne von Problemlösungs-, das heißt Erklärungsversuchskompetenz). Ohne diese basale Verankerung im individuellen Beobachtungs- und Gedankengang wird ‚Naturlehre‘ nicht zu einem Element der Allgemeinbildung, sondern erscheint immer als Teil einer Fachwissenschaft. Das gesellschaftlich vorhandene Interesse an Natur bleibt dann, wie oben umrissen, unwidersprochen auf die Oberfläche der Lebens- und Klimathemen beschränkt.

Die Kluft zwischen dem Gegenstand und seiner methodischen Rekonstruktion oder Abbildung wird in der didaktischen Konzeptionalisierung heute entgegen Wagenscheins Erfahrungsrichtung ausgestaltet: Von der Physik aus soll eine Verbindung nach rückwärts angelegt werden, von der verallgemeinerten Einsicht hin zu Einzelheiten der Anwendung,

„sodass es eine Brücke zwischen Stoff und Schüler gibt“ (Lechte 2008: 140; Gedaschko 2015: 30). Der Stoff ist zuerst da, im Lehrplan, und die Lernenden sollen sich nachträglich durch eine „Sinnkonstruktion“ (Gedaschko 2015: 30) zu ihm in ein persönliches Verhältnis setzen. Wagenschein stellt statt dessen die Naturbeobachtung an den Anfang, in der die Lernenden sich automatisch persönlich positionieren müssen, denn ohne jede einzelne individuelle Beobachtung befänden sie sich gar nicht im Lernprozess – einem Lernprozess zudem, der nicht als angeordnetes Lernen, sondern als eher spielerischer Umgang beginnt. Wagenschein imaginiert kein Konstrukt von ‚zusätzlich‘ durch Kontextuierung herbeigezogenem Sinn, sondern lokalisiert die Entdeckung der ‚Natur für mich‘ als bedeutungserzeugende Erfahrung, die vor aller Physik vorhanden sein müsse: „Erst erfahre es, dann sage es beteiligt, schließlich fasse es nüchtern“ (Wagenschein 1995: 138). Der Sinn, der in diesem Prozess der physikalischen ‚Formatio‘ entsteht, beginnt bei der zu Beginn intuitiven Einsicht. Neugier gegenüber dem Gegenstand führt zu Findigkeit bei Erklärungsversuchen und schließlich unter Anleitung zu einer gegenstandsbezogenen Methode der Erklärung und Mathematisierung. Auf diesem ‚genetischen‘ Lernpfad, wie ihn Wagenschein beobachtet hat und anschließend verallgemeinerte, würde hinzugefügter Kontext eher stören. Interesse und Sinn entstehen aus dem Vorgang selbst und ist deshalb ein ‚physikalischer Sinn‘, also das, was Physikunterricht vermitteln soll. Deshalb sind die historischen Beispiele so wichtig, die den beschriebenen Vorgang durch historisch legitimierte Vorbilder veranschaulicht. Wagenschein ist der Auffassung, dass jede Person Beobachtungen an natürlichen Phänomenen für sich selbst in physikalische Betrachtung und schließlich abstraktes Denken überführen müsse – ob dies bewusst geschieht als Reflexion der Methode oder sich nur durch Erfahrung stillschweigen einstellt, hält er im allgemeinbildenden Bereich für unerheblich.

Heute hingegen ist Verstehen der Fachkultur – als ‚Natur der Naturwissenschaften‘ (vgl. 85ff.) – ein hervorgehobenes Ziel (vgl. Gebhard / Höttecke / Rehm 2017: 182). Wagenschein wollte dies seinerzeit weit in die Oberstufe verlegt wissen oder völlig dem Spezialistentum des Physikstudiums anheimstellen. Aus der Reflexion naturwissenschaftlicher Methode soll durch Rückgriff auf den Lebensalltag eine Sinnkonstruktion für die Lernenden entstehen. Der vorgeschlagene Rückbezug zum Lebensalltag dient als Bindeglied, um physikalische Kenntnisse in eine Sammlung

unterschiedlicher Elemente der Allgemeinbildung ins Verhältnis zu setzen, eine grundlegende Integration von Naturbetrachtung als Teil der Subjektbildung kann dies nicht mehr leisten. Damit wird das notwendige Interesse auf das Fach Physik verschoben und von Natur oder Technik als Ausgangspunkten abgelenkt. In Wagenscheins Didaktik sind auch Rückgriffe auf die technisierte Lebenswelt immer nur sekundäre Physik, weil sie sich auf (meist technische) Anwendungsbeispiele beziehen, die keine primären physikalischen Einsichten bieten.

Unbestreitbar basieren sehr viele Bestandteile des täglichen Lebens auf ursprünglich physikalischen Entdeckungen, alle Technik ging, wie Wagenschein immer wieder betont, daraus einmal hervor. Das gesellschaftliche Bewusstsein würdigt diesen Aspekt der Hochtechnisierung, äußert zugleich aber wenig Interesse an Physik. Der auf biologische Aspekte, auf Landschafts- und Klimakonzepte fokussierte Mediendiskurs berücksichtigt nahezu keine Grundlagen aus dem Wirken von grundlegenden Naturkräften (ausgenommen, wo sie als Triebkräfte von ‚Katastrophen‘ wie Überschwemmungen dargestellt werden), selbst technische Aspekte werden ohne physikalische Kontexte behandelt. Am alten Streit zwischen Bildungsbürgertum und naturwissenschaftlichen Berufsgruppen um den Geltungsanspruch ihrer philologisch-historisch oder szientifisch-naturwissenschaftlichen Domänen liegt dies nicht mehr, auch die Ausgrenzung aus einem klassischen Bildungsbegriff ist nicht der Grund für eine weit verbreitete Ignoranz gegenüber physikalischen Tatsachen und Gesetzen.

Unterstellt man eine Dominanz naturwissenschaftlicher und technischer Einrichtungen in allen Lebensbereichen – auch im nachträglichen Versuch, Natur ‚wieder herzustellen‘ –, kann das geringe Ansehen von Physik als Bestandteil einer allgemeinen Bildung erstaunen. Der verschwindend kleinen Präsenz in öffentlichen Diskursen entsprechend wird auch ein geringes Interesse an Physikunterricht durchgängig genannt (vgl. z. B. Lechte 2008: 10; Benke 2012: 217). Nicht einmal das Versprechen gesellschaftliche Teilhabe zukünftiger Generationen überwindet diese Barriere in der Breite. In dieser Haltung der Schüler setzt sich die geringe Reputation der Physik im öffentlichen Bewusstsein fort, die Einstellung gründet in einer langfristig gewachsenen Meinung. Wagenschein hatte bereits seit den 1930er Jahren – allerdings noch unter der Vorherrschaft des humboldtschen-bildungsbürgerlichen Bildungsbegriffs – darauf

hingewiesen, welche fragmentierten Vorstellungen die Menschen von der Physik distanzieren, darunter „Wunder und Kunststücke [...] oder: grau verstaubte Quälinstrumente“ (Wagenschein 1953: 12). Indem er diese verzerrenden Vorstellungen ausräumen wollte, setzte er sich für eine Steigerung des Interesses ein, und zwar zuerst am Stoff und dann am Fach.

„Wunder“ wie auch „Quälinstrumente“ sind weiterhin im Bewusstsein. Anerkennung finden bei Teilen des Medienpublikums „Wissenschaftssendungen im Fernsehen“, Jugendliche besuchen aus eigenem Antrieb „Science Center, Schülerwettbewerbe, Schülerlabore und Kinderuniversitäten“ (Gebhard et al. 2017: 136). Dies geht aber einher mit der „gespaltene[n] Haltung“ (Muckenfuß 1995: 84), dass diese Struktur eben vorhanden ist, nicht jedoch von den Einzelnen verstanden oder nachvollzogen werden müsse: „Important, but not for me“ (Gebhard et al. 2017: 136).

Psychologisch wird dieses ‚not for me‘ als „Stellvertreter-Sinnkonstruktionen“ (Gedaschko / Lechte 2008: 51) gedeutet, mit denen sich die Individuen heraushalten aus einem Kontext, den sie zwar anerkennen, für sich selbst jedoch vermeiden wollen: „Schülerinnen und Schüler können der Physik auf kognitiv-theoretischer Ebene gesellschaftliche Bedeutung zumessen, ohne dass diese subjektiv nachvollziehbar bzw. nachfühlbar ist und zu Interesse am Gegenstand führt“ (Gedaschko / Lechte 2008: 51). Sicherlich kann auch als ein Grund angenommen werden, dass Physik als ‚schwieriges Fach‘ gilt, also im Rahmen des eigenen Lern- und Leistungsanspruch unangemessen anspruchsvoll erscheint. Machs Erläuterung, dass der Vorzug in der einheitlichen Struktur, in der Einfachheit liege, ist völlig in Vergessenheit geraten. In der fachdidaktischen Literatur gibt es auch keine Hinweise darauf, dass physikalische Gesetzmäßigkeiten einfach sind, weil sie im Gegensatz zu interpretierenden Wissenschaftsansätzen keine Ausnahmen zulassen und völlig ungestört von sozialen Konventionen bestehen.

Zwar wird in der Literatur auf die ‚gespaltene Haltung‘ zur Physik hingewiesen, jedoch keine Erklärung dafür angeboten. In der Regel wird pauschal unterstellt, es bestünde letztlich kein ausreichendes Interesse für das Fach. Das ist eine naheliegende Schlussfolgerung, doch erklärt sie nichts, wenn nicht Fragen angeschlossen werden nach den Ursachen des mangelnden Interesses. Gründe für die distanzierte Haltung könnten

außerhalb des engeren didaktischen Bereichs liegen: Wenn einerseits eine hohe Reputation des Faches gegeben ist, andererseits aber wenig allgemeines Wissen und vor allem keine öffentliche Diskussion auf einer fachlichen Wissensbasis stattfindet, entsteht möglicherweise eine Divergenz zwischen sehr hohen vermuteten Wissensansprüchen (begründet durch die fachliche Reputation) und einem Unwillen, sich auf ein unterstelltes Anspruchsniveau einzulassen. ‚Zauberhaft funkelnde Wunder‘ zu analysieren traut sich selbst niemand zu und ‚Quälinstrumente‘ wecken auch kein Interesse.

Vereinfacht gesagt: Solange Lernende nicht durch eigene Anschauung erfahren, dass es sich um eine naturbasierte Annäherung an eine, wie Mach betont, vereinfachende Perspektive unter methodischer Ökonomie handelt, werden nur wenige Zutrauen gewinnen. Statt unerforschtem Desinteresse könnte dann ein schlaglichtartig verzerrtes Bild von Physik im Bewusstsein der Allgemeinheit als Ursache betrachtet werden. Eine für die Berufswahl relevante Spezialisierung oder methodisches Reflexionsvermögen hat Wagenschein nicht ohne Grund frühestens für die Oberstufe angesetzt, bei den jüngeren Jahrgängen sollte sie keine Rolle spielen.

Die einschlägige Fachdidaktik muss sich mit dieser Situation auseinandersetzen, um wenigstens minimale Kenntnisse auf physikalischem Gebiet im Schulunterricht abzusichern. Seit dem 18. Jahrhundert wurde Interesse an naturwissenschaftlichem Unterricht als Modernisierung der Bildung für selbstverständlich erachtet, jedenfalls von jenen Akteuren, die eine Orientierung an antiken Vorbildern für nicht zukunftsfähig hielten. Ernst Mach etwa erschien es naheliegend, dass bei Schülern zeitgemäßes Interesse für Naturwissenschaften bestehe anstatt für Philologie (vgl. Mach <sup>3</sup>1903b: 329). Daten über tatsächliche Interessenschwerpunkte der Lernenden wurden nicht erhoben. Der Besuch verschiedener Schultypen (humanistisches oder Realgymnasium) erfolgte nach pädagogischer Empfehlung, Eltern- und vielleicht gelegentlich Schülerwunsch. Ein mehrheitliches Interesse der Lernenden an technisch orientiertem Stoff in der weiterführenden Schule scheint jedoch nie so deutlich zum Ausdruck gekommen zu sein, dass daraus eine Änderung der Fächerkanones und Stundenpläne abgeleitet worden wäre. Für den Fall, dass Mach – und auch Kerschensteiner – die Technikaffinität zu hoch angesetzt hatte, wäre ersatzweise Wagenscheins Perspektive auf Natur zu prüfen. Auch darin jedoch entstand kein Boom. Daraus kann geschlossen werden, dass das Interesse

für ein Fach von dessen Präsenz in der gesellschaftlichen Wertschätzung abhängt. Diese Abhängigkeit gilt nicht für die Wenigen, die trotzdem Interesse bekunden – und außerdem meist jene Voraussetzungen mitbringen, die das Lernen mathematisch-naturwissenschaftlicher Fächer erleichtern.

Kerschensteiner setzte voraus, „daß die entsprechenden Begabungen und Interessen vorhanden sein müssen“ (Kerschensteiner <sup>4</sup>1952: 179). Für problematisch hielt er dies nicht, mit seinen Curricularvorschlägen und dem Engagement für das allgemeinbildende Deutsche Museum in München war er sicher, eine bestehende Nachfrage zu bedienen (vgl. Teichmann 2003: 13). Der Auffassung seiner Zeit entsprechend, suchte er in seiner Argumentation allerdings nicht den Anschluss an das subjektive Interesse von Lernenden, sondern betrachtete diese als „Objekt der Erziehung“ (Kerschensteiner <sup>4</sup>1952: 179), mit dem zielgerichtet zu verfahren Sache der Pädagogen sei.

Für Wagenschein war die naive Beobachtung von Naturvorgängen aus persönlicher pädagogischer Erfahrung heraus für alle Lernenden interessant, nie hebt er besondere Fähigkeiten Einzelner in diesem Anfangsstadium des Lernens hervor. Das Interesse tritt bei der Konfrontation mit Naturbeobachtung ein, es entsteht aus dem Erlebnis. Inwieweit unterschiedliche Begabungen oder persönlich ausgeprägte Interessen dabei verstärkend oder hemmend wirken, benennt er nicht, so wenig wie die Einflüsse von Eltern oder meinungsbildenden Medien: An keiner Stelle äußert sich Wagenschein darüber, dass Unterschiede zwischen den individuellen Interessen innerhalb einer Gruppe bestanden hätten – er bezieht auch nirgendwo Stellung zu ungleich verteilten Begabungen. Wichtig sei die unmittelbare Konfrontation mit dem Naturvorgang und die Anregung zu fragen, was da eigentlich geschehe – mit der Frage käme die Neugier oder das Interesse.

Natürlich muss in Rechnung gestellt werden, dass Wagenscheins Erfahrungen überwiegend unter den privilegierten Bedingungen der Odenwaldschule entstanden waren. Das Interesse bindet er an ausreichend Unterrichtszeit für Gründlichkeit, „mußfordernd‘ und deshalb von hohem Wirkungsgrad“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982: 55). Diese Lernform dürfe nicht zum routinierten „Betrieb“ (Wagenschein 1963: 67) verkommen, „wenn der Lehrer die Pflicht annimmt, nach 45 Minuten das ‚Ziel der Stunde‘ zu erreichen“ (Wagenschein 1963: 66), wird der Erfolg unwahrscheinlich. In Bezug auf technische Themen teilt Wagenschein den Optimismus aus der Naturbetrachtung nicht,

sogar Schülerexperimente mit vorgegebenen Apparaturen scheinen ihm weniger geeignet, allgemeine Aufmerksamkeit zu wecken. Interesse für technische Entwicklungen richte sich stets auf Neuheiten, die wegen ihrer Komplexität zunehmend schwerer zu verstehen seien:

Man hört oft sagen, die Jugend sei nur noch für die Technik interessiert, und zwar gleich für die modernste, undurchschaubare (ferngelenkte Puppen oder Autos). Das hätte dann kaum noch mit Forschungsdrang zu tun, mehr mit Verwöhnung der Machtlust und Erstickung produktiven Staunens (Wagenschein 1965/1963: 507).

Interesse an Technik verliert sich bereits für Schüler hinter der ‚Magie‘, dem indifferenten Akzeptieren von Funktionsweisen, die sich im technisierten Alltag längst als Normalität durchgesetzt habe – der Entwicklungsstand serienreifer Alltagstechnik seit der Pionierphase zu Machs Lebenszeit dürfte ein Grund für das sukzessiv abnehmende Interesse bilden. Das „Einerlei der Selbstverständlichkeit“ (Wagenschein 1965/1953: 231), die stillschweigend angenommene Verfügbarkeit, wirke sich lähmend auf das persönliche Interesse an der verborgenen Funktionsweise aus. Ergänzt werden kann die Feststellung durch die Schlussfolgerung, dass dadurch auch die didaktisch für Wagenschein so wichtige Kompetenz der ‚Findigkeit‘ verschüttet wird. Die Entwicklung funktionierender Apparate tue ein Übriges, um Interesse für deren Funktionsweise zu ersticken: „Bei technischen Geräten moderner Art ist das notwendigerweise schwierig, denn sie müssen ja gerade so gebaut sein, daß sie von Einsichtlosen bedient werden können“ (Wagenschein 1965/1963: 510). Das gesamte Bündel von Gründen, dass Neugier bezüglich Technik eindämmt, könne nur durch Rückführung der Funktionsprinzipien auf natürliche Eigenschaften aufgehoben werden; es gelte zu zeigen, „daß auch ein Radioapparat aus ‚natürlichem‘ Material hergestellt ist, und daß es also dabei ‚mit rechten Dingen‘ zugeht. Tief im Herzen halten sie es für Hexerei“ (Wagenschein 1965/1963: 507). Ähnliches besagt eine Anmerkung zum Modell der elektrischen Klingel: „Wenn wir Magnetismus nur in der elektrischen Klingel bestehen lassen, so ist nichts in ihm, was an einen Naturvorgang erinnert. Er gehört dann nur noch zur technischen Seite unserer Wirklichkeit“ (Wagenschein 1995/1962: 143).

In dieser Situation wirkt sich der gesellschaftliche Wandel stark aus, neben der Auratisierung von Naturwissenschaft bei gleichzeitigem Desinteresse am eigentlichen Fachwissen hat das ‚Einerlei der Selbstverständlichkeit‘ flächendeckend zugenommen.

Niemand wird heute noch behaupten, Kinder oder Jugendliche hätten je über das Funktionieren von technischen Einrichtungen ‚gestaunt‘, eher im Gegenteil, sie lernen früh, dass man es bei Nicht-Funktionieren einfach umtauschen geht. Rechtliche Gewährleistungspflicht scheint ein – wenn auch nicht-physikalischer – Baustein der ‚Selbstverständlichkeit‘ zu sein. Technische Einrichtungen, die jenseits der Herstellergarantie die erwartete oder zugesicherte Funktion nicht befriedigend erbringen, werden weggeworfen und durch andere ersetzt. Das kann als Thema im Physikunterricht zum Praxisbezug gelegentlich thematisiert werden, fällt aber unter dem heute in Nachhaltigkeitsdebatten weit verbreiteten Schlagwort ‚Obsoleszenz‘ (planvoll begrenzte Haltbarkeit industriell hergestellter Gebrauchsgüter; vgl. Poppe / Longmuß 2019) eher in sozialwissenschaftliche Kontexte. Erwähnt wird es hier nur, weil es eine zeitgeschichtliche Intensivierung der von Wagenschein unterstellten Auslöschung von Interesse durch ‚Selbstverständlichkeit‘ bestätigt.

Ob es nun gerechtfertigt ist, Wagenscheins Entwurf einer naiv-nativen Interesseweckung durch jeweils persönlich-individuell durchzuführende Naturbeobachtung als geeignetere didaktische Haltung einzuschätzen als heutige Versuche, Schülern Physik nahezubringen, möge offen bleiben. Seine textlichen Äußerungen sprechen dafür, dass er jedenfalls einen gewissen prognostischen Erfolg auf seiner Seite hatte: Die Hervorhebung von Physik als Wissenschaft mit einer Rückbindung an technisierte Alltagswelt schien ihm keine Gewähr für die Integration von physikalischem Naturwissen in Allgemeinbildung zu bieten. Seitdem hat das Interesse von Lernenden an Physikunterricht abgenommen und entsprechend das physikalische Wissen im öffentlichen Bewusstsein (in gesellschaftlichen Diskursen) stagniert oder ebenfalls abgenommen. Daten über den Wissensstand in Schulen werden erhoben, fachspezifische Daten über allgemeines Wissen (als Teil der durchschnittlichen Allgemeinbildung) nicht. Wagenschein hat keine Prognosen geben wollen, er hat nur beiläufig gegen Stoffhuberei, Zeitdruck in Kombination mit einer Fachsystematik sowie unnütze Fokussierung auf Noten und Lernerfolgsstatistiken hingewiesen (vgl. Wagenschein 1989: 111). Was er zurückhaltend als drohenden Missstand andeutete, ist heute als solcher zumindest deutlicher zu erkennen.

Dass es Hinderungsgründe gibt, Wagenscheins didaktische Vorschläge zur Belebung des Schülerinteresses umzusetzen – und sei es nur probeweise –, wurde bereits angedeutet. Gründe finden sich nicht nur in Einstellungen von Lernenden, sondern auch – oder vorrangig – in deren gesellschaftlichem Umfeld. Die aktuelle Didaktik widmet sich psychologischen Erkenntnissen, um auch mit Bezug auf dieses Umfeld „zur Entwicklung von Interessen und Neugierde beizutragen“ (Adamina / Möller<sup>3</sup>2010: 103). Die an vielen Stellen genannten Beispiele aus dem Alltag, stellen diese Verbindung her. Grundsätzlich gilt, dass Individuen sich lieber mit Gegenständen befassen, für die sie Interesse empfinden, durch ein dadurch vermitteltes Gefühl sinnvoller Tätigkeit lernen sie auch meist erfolgreicher (vgl. Gebhard et al. 2017: 125; 128). Die Situation ermöglicht Selbstverwirklichung und trägt dadurch zur Identitätsbildung der Lernenden bei (vgl. Rabe 2019: 25) – sie erfahren den Gegenstand ‚für sich‘. Die empirische Forschung bestätigt, „dass ein Unterricht, der auf die Erfahrungen und den Alltag von Schülerinnen und Schülern eingeht, interessanter ist als die Beschäftigung mit allgemeinen physikalischen Gesetzmäßigkeiten“ (Gebhard et al. 2017: 134). Ein solches Ergebnis scheint Wagenscheins Annahmen zu bekräftigen. Allerdings ist gerade die Trennung von Phänomen und methodisierter Formulierung, in diesem Falle geradezu die Entgegensetzung von beiden problematisch. Wenn die Lernenden Gesetzmäßigkeiten nicht mögen und statt dessen lieber Einzelfälle betrachten, kann das Ziel des Physikunterrichts nicht erreicht werden. Deshalb sei noch einmal Wagenscheins Projekt dagegengestellt, nach dem nicht gesagt werden kann, ob den Lernenden denn eine Gesetzmäßigkeit zusagt, sondern in dem das initiale Phänomen den Ausgangspunkt bildet und das Gesetz die Einsicht, dass der Zusammenhang allgemeingültig in höchster Einfachheit artikuliert werden kann. Die Bezugnahme auf alltägliche Exempla ist im Übrigen problematisch. Es entspricht auch durchaus der Lebenserfahrung, „dass die Interessen der Schülerinnen und Schüler an Gebieten, die im Unterricht kaum behandelt werden, größer sind als an den Gebieten, die häufiger Unterrichtsthema sind“ (Lechte 2008: 51). Das Besondere fasziniert eher als das Alltägliche. Wagenschein hatte dies bereits für die Auswahl natürlicher Phänomene angedeutet: Schüler „staunen über seltene, also ungewohnte Naturerscheinungen“ (Wagenschein 1965/1963: 506). Selbst bei Vorschulkindern, die noch weniger in die ‚Selbstverständlichkeit‘ abgeglitten sein

dürften, betont Wagenschein, dass sie neugieriger reagieren, „wenn sie unerwarteten Naturphänomenen begegnen, die zwar wiederholbar sind, aber absonderlich anmuten“ (Wagenschein / Banholzer / Thiel 1973: 10).

### 7.11 Gender

Wagenschein unterstützte uneingeschränkt die Koedukation an der Odenwaldschule, äußerte sich aber nicht negativ über die seinerzeit noch separierende öffentliche Schulform. Die Zusammenführung von weiblichen und männlichen Lernenden im Naturwissenschaftsunterricht war für ihn willkommen, bot aber in der Regel keinen Anlass zu besonderer Aufmerksamkeit. Auch wenn er meist nur von ‚Schülern‘ und ‚Studenten‘ spricht, meint er zugleich Schülerinnen und Studentinnen. An verstreuten Stellen äußert er sich gelegentlich dazu, und diese Äußerungen erwecken den Eindruck, dass doch durchgängige Überlegungen dahinterstehen. So merkte er beispielsweise zu einem Aufsatz Machs an, der nur ‚Jünglinge‘ nennt: „die Mädchen vergisst er“ (Wagenschein <sup>7</sup>1982a: 12). Dem ist zu entnehmen, dass ‚Schüler‘ für Wagenschein die traditionelle maskuline Sammelbezeichnung für geschlechtsübergreifende Gruppen ist, während ‚Jünglinge‘ ausschließlich Jungen meint.

Wenn Wagenschein die Erfahrung mit Lernenden darstellt, bezieht er sich öfter ausdrücklich auf Mädchen (vgl. u. a. Wagenschein 1995/1962: 131) – das hebt sich gegenüber der Sammelbezeichnung ‚Kinder‘ ab, die er auch für die Sekundarstufen verwendet. Unter der heute sehr präsenten Genderfragestellung fallen darüber hinaus zwei Stellen in Aufsätzen auf. In beiden Fällen berichtet Wagenschein – nicht persönlich, sondern in didaktischen Aufsätzen, die eine pädagogisch interessierte Öffentlichkeit adressieren –, von erwachsenen Frauen, die ihm später von Kindheitserlebnissen erzählten, die sie für das Leben geprägt hätten: „Ihr Unterricht [...] hat mich nicht zur Mathematikerin gemacht, aber er hat mir etwas zu meinem Leben viel Nötigeres gegeben: die Erinnerung [...] an die Zuversicht, die ‚self-confidence‘, die ein selbstgelöstes Problem, eine eigene Arbeit geben können“ (Wagenschein 1965/1961: 416) (Der Vorgang bezieht sich auf das „Unterrichtsgespräch zu dem Satz Euklids über das Nicht-Abbrechen der Primzahlreihe“; Wagenschein 1965/1949: 110). Der zweite Fall beschreibt, wie eine Frau davon erzählt, als Fünfjährige bemerkt zu haben, dass sie beim Krächzen eines entfernt sitzenden Raben die Bewegung früher gesehen habe als der

Schall sie erreichte (vgl. Wagenschein 1965/1958: 99f.). Beide Erzählungen können, wendet man die heute verbreitete Emphase der Genderproblematik darauf an, als Parteinahme für weibliches Interesse an Mathematik und Physik gelten. Wagenschein war davon offenbar beeindruckt, weil die erwachsenen Frauen ihm von der lebenslangen Wirkung mathematisch-naturwissenschaftlicher Lehreinheiten im genetischen Stil erzählten. Derartige Berichte sind heute kein Teil der didaktischen Erfolgskontrolle, es reicht, wenn die Lernenden zeitnah das Gelernte wiedergeben können.

Wagenschein greift die Erzählung seiner Gewährsperson im „Schrei des Raben“ anschließend in geradezu spitzbübischer Rhetorik auf, wenn er die Frage nach einer Integration von Mädchen in physikalische Themenstellungen reflektiert:

Nicht so, daß wir dem fünfjährigen Mädchen von heute das Blechauto wegnähmen, das es sich so sehnsüchtig gewünscht hat, und ihm ein wagenziehendes Holzpferd mit Bastmähne aufdrängen, weil es uns Erwachsenen so sehr gefällt. [...] Die Technik ist heute nicht mehr nur ‚Anwendung‘ der Physik, sondern auch ein Weg zur Physik (Wagenschein 1965/1958: 350).

Das nach herrschenden Geschlechterstereotypen vielleicht ein wenig überraschende Zugeständnis des technischen Spielzeugs an das Mädchen dient als Übergang zur Frage „Ist es wirklich so, daß den Mädchen die Physik nicht liegt?“ (Wagenschein 1965/1958: 350). Wagenschein vermutet die Bedingungen des Interesses in sozialen Konventionen: „Erziehen wir nicht vielleicht die Mädchen darauf hin, daß sie ihnen nicht liege?“ (Wagenschein 1965/1958: 350). Er schließt daraus nicht, dass Mädchen motiviert werden müssten, sich stärker für Physik zu interessieren, sondern dass sie nur unabgerichtet ihrer Neugier folgen sollten.

Zugleich sei es Aufgabe des Unterrichts, der Naturwissenschaft keine ‚männlichen Züge‘ anzudichten: „Und unterrichten wir nicht Physik auf eine gefährlich maskuline Weise? Denn, wenn es Unterschiede gibt, dann den, daß der Mann leichter der Gefahr unterliegt, seine logischen Funktionen zu isolieren, eine Gefahr, vor der wir Lehrer ihn zu schützen haben“ (Wagenschein 1965/1958: 350). Der sozialkonstruktivistische Charakter der Geschlechtsrollen ist für Wagenschein auf die vermeintlich männliche und weibliche Arten zu denken beschränkt, solange Familien den Mädchen keine „Holzpferde“

aufdrängen, sie also auf imaginierte weibliche Vorlieben konditionieren. Für die Unterrichtskonzeption hält Wagenschein Mädchen für den geeigneten Maßstab: „Ich habe im Koedukationsunterricht immer die Erfahrung gemacht: wenn man sich nach den Mädchen richtet, so ist es auch für die Jungen richtig: umgekehrt aber nicht“ (Wagenschein 1965/1958: 350). Diese Einstellung verdichtet Wagenschein, indem er fordert Schülerinnen sogar zu präferieren: „Erst die Mädchen, dann die Jungen.“ (vgl. Wagenschein 1989: 121f).

Dass Wagenschein nicht häufiger auf ein Genderproblem eingeht, mag durch das in seiner Zeit konsensuell vorherrschende gesellschaftliche Bild der Geschlechterrollen bedingt sein. Der Begriff ‚gender‘ als sozial konstruiertes Rollenverhalten ist erst später entwickelt worden. Berücksichtigung von Mädchen und Jungen ist Wagenschein, und das ist gerade unter den als selbstverständlich genommenen konservativen Geschlechterrollen um so auffälliger, trotzdem didaktische Aufmerksamkeit wert. Ist dies aktuell zu nennen? Auffällig ist sein Problembewusstsein schon.

Dass ein Pädagoge, dem die Rollenunterschiede bewusst sind, darauf nicht weiter eingeht, kann Gründe im gesellschaftlichen Umfeld haben. Offensichtlich lag unter den Normalvoraussetzungen der geschlechtergetrennten Erziehung noch keine breitere Erfahrung zu Unterschieden mit diversifizierten naturwissenschaftlichen Interessen vor. Wagenschein war an der Odenwaldschule privilegiert und konnte bis in die 1960er-Jahre wohl kaum allgemeines Interesse für seine Beobachtungen erwarten, denn weiterführende Schulen für Mädchen und Jungen entstanden erst nach und nach im Zuge pädagogischer Reformen.

Der Optimismus, Koedukation flächendeckend einzuführen, ging von einem Ideal der Gleichartigkeit bei gleichen Chancen aus:

Bereits in den 1920er Jahren wurde von vielen Reformpädagogen und Reformpädagoginnen die Ansicht vertreten, dass Mädchen und Jungen für mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Fächer gleichermaßen begabt und interessiert sind, wenn man ihnen geeignete Zugänge ermöglicht“ (Lembens / Bartosch 2012: 83f.).

Erst nach einigen Jahren Erfahrung mit Koedukation bildete sich ein Bewusstsein, „wie Geschlecht in den sozialen Interaktionen im Unterricht produziert wird („doing gender““ (Lembens / Bartosch 2012: 84; Benke 2012: 213 u. öfter). Die Begegnung der Geschlechter im Unterricht stärkt sogar die „Identifikation mit der Geschlechtsrolle“ (Bischof-Köhler <sup>3</sup>2006: 245). Ob nun im Gegenzug erneute Monoedukation (vgl. Budde 2009: 53), zumindest in den naturwissenschaftlichen Fächern eine bessere Perspektive bildet (vgl. Lembens / Bartosch 2012: 90), müssen entsprechende Studien erweisen. Seit rund 30 Jahren liegen durchaus Erfahrungen vor, nach denen Absolventinnen reiner Mädchenschulen sich leichter für naturwissenschaftliche Ausbildungswege entscheiden und dort auch überdurchschnittlich erfolgreich sind (vgl. Stalman 1991). Anzunehmen jedenfalls ist, dass auf Wagenscheins pädagogische Haltung, die auf der Überzeugung von intellektueller Gleichartigkeit der Geschlechter beruhte, nicht einfach zurückgegriffen werden kann in einer Gesellschaft, die eine trennende Geschlechteridentität jedes Menschen zur Grundfrage bürgerlicher Existenz erhebt.

Die Genderproblematik des MINT-Unterrichts ist nicht durch Vorstellungen von Allgemeinbildung geprägt. Stärker als seit dem 19. Jahrhundert drängt der Bedarf an Fachkräften, im Schulunterricht Weichen für künftige Berufsentscheidungen zu stellen. Da Frauen heute gleichberechtigt zum Bestand des Talentvorrates gerechnet werden, wirkt sich die Distanz vieler Mädchen und ihrer Lebenskontexte zu den MINT-Fächern pragmatisch aus. Zugleich zeigt sich allerdings, dass mangelndes Interesse keine Folge von Geschlechterstereotypen allein ist, rezent „wächst dennoch auch die Zahl der desinteressierten Jungen“ (Benke 2012: 217). Neben den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, die eine neugierötende Selbstverständlichkeit ebenso erzeugen wie eine naive Überschätzung von kenntnislos unterstellten Schwierigkeitsgraden, wäre vielleicht doch Wagenscheins Argument zu bedenken, dass ein wissenschaftszentrierter Physikunterricht zu „verstörten und betäubten Kinder[n]“ führt, die zu Unrecht „für unbegabt oder für faul gehalten“ (Wagenschein 1965/1961: 426) werden. Ob das Lernen anders verläuft, wenn nicht – mit Emphase – Physik verlangt wird, sondern die gegenstandsorientierte Annäherung an Phänomene am Anfang steht, bleibt Desiderat einer aktuellen Prüfung.

## 7.12 Ethische Bewertung und gesellschaftliche Relevanz

Eine der wichtigsten konzeptionellen Wenden der Didaktik in den 1960er Jahren betrifft die Kontextuierung aller Fächer durch Fragen nach ihrer gesellschaftlichen Relevanz und möglichen diesbezüglichen Problemstellungen. Dieses Thema durchzieht naturwissenschaftsdidaktische Literatur und Lehrpläne wie ein roter Faden: „Verständnis der Physik- bzw. der Naturwissenschaftsdidaktik, das die wissenschaftsethischen Implikationen der Naturwissenschaften [...] als zumindest gleichrangige Leitidee [...]“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 71) umfasst. Nach Überzeugung Wagenscheins ist diese neue Perspektive wichtig, aber nur als begleitende Fragestellung, nicht als omnipräsenter Bestandteil des Stoffes. Er überträgt statt dessen seine Auffassung, dass jedes Individuum im Rahmen des schulischen Wissenserwerbs ein Naturverständnis aus physikalischer Perspektive erlangen solle, auf die Ebene eines gesellschaftlichen Desiderats. Darin ist jedoch nicht die beständige Mahnung enthalten, dass technische Anwendungen Folgen haben, die ethisch problematisch sein könnten.

Die Kontextuierung jeglichen Schulstoffes in einem Rahmen gesellschaftlicher Relevanz ist vor allem durch Klafki als Desiderat eingeführt worden. Er charakterisiert die kategoriale Bildung durch jeweils epochenspezifische ‚Schlüsselprobleme‘, die sich auf einen gesellschaftlichen Ist-Zustand und seine Weiterentwicklung in der Zukunft beziehen. Diese bilden zugleich die Grundlage der Stoffauswahl und der Erkenntnis- oder Lernziele. Für die Naturwissenschaften folgen die geschilderten weit reichenden Auswirkungen: „Unter die ‚epochaltypischen‘ Problemstellungen zählt Klafki dabei auch die Frage der Verantwortbarkeit und Kontrollierbarkeit wissenschaftlich-technologischer Entwicklungen im Hinblick auf die ökologischen Folgen“ (Theilmann 2011: 35). Daraus wurde zunehmend abgeleitet, dass nicht nur „die Konsequenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnis für die Gesellschaft und den Einzelnen zur Zieldimension des Unterrichts gehören“ (Muckenfuß 1995: 72), sondern dass naturwissenschaftlicher Unterricht erst hierdurch einen wesentlichen Sinn erhält.

Wie oben bei der Diskussion des Naturbegriffs angesprochen wurde, häufen sich in der jüngeren Vergangenheit die Anlässe, Schäden an ‚der Natur‘ als Folge technischer Zivilisation zu betrachten. Daraus erwächst, philosophisch begründet durch Hans Jonas, jenes „Prinzip Verantwortung“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 71), das eine ethische Leitlinie für

gesellschaftliches Handeln in Bezug auf Natur- und Ressourcenschonung vermitteln soll. Die Breite der Umwelt-, Natur- und Klimaschäden, die der technischen Zivilisation der Industriestaaten angelastet werden, schließt sehr viele Themen der naturwissenschaftlichen Fächer ein, wobei die Grundlagen der Physik auch betroffen sind. Einen insbesondere für Laien evidenten Bezug gibt es eher zu Biologie und Chemie (vgl. Nerdel 2017: 150).

Der Bezug von Physik auf gesellschaftliche Verantwortung hatte in Deutschland mit der nationalsozialistischen Vergangenheit zu tun. Man kann auch Klafkis gesamte gesellschaftsbezogene Argumentation seit den 1950er-Jahren in vielen Teilen als besorgte Reaktion auf den Nationalsozialismus verstehen, der sowohl das klassische Bildungskonzept als auch den naturwissenschaftlichen Unterricht durch seine Ideologie deformiert hatte. Schule sollte, so das Credo der 1960er-Reformen, weder behaupten können, nicht in Politik involviert zu sein, noch in ihren Fachinhalten den ideologischen Forderungen eines Regimes folgen, wie es in der ‚Flug- und Wehrphysik‘ der Fall gewesen war. Die Entwicklung der Atombombe stellte den erschütterndsten Fall naturwissenschaftlicher Entdeckung für das Kriegsgeschehen dar. Dieser „Sündenfall der Physiker“ (Hoffmann 1995: 176) bildet einen Höhepunkt der Interferenz von naturwissenschaftlicher Forschung und politischer Macht. Auch wenn das öffentlich vorgetragene Bedauern Robert Oppenheimers über die Anwendung der ersten Kernwaffen beachtet wurde, führte es nicht zur Beendigung der nuklearen Rüstungsprogramme. Eine Zeit lang nahmen Physiker die Verantwortung in der öffentlichen Diskussion auf sich, auch in Westdeutschland protestierten hochrangige Fachvertreter gegen eine atomare Bewaffnung (vgl. Lorenz 2011: 21ff.). Dies wird heute jedoch in der Schule nicht mehr als Leitbeispiel für die technische Anwendungsproblematik physikalischer Erkenntnisse berücksichtigt, wohl aber wird die kritische Haltung generell übernommen.

Unter dem wachsenden Einfluss der technischen Themen wird dem „Orientierungswissen“ als „Wissen um die Handlungsmaßstäbe“ (Mohr 2008: 62) breiter Raum im physikalischen Stoff eingeräumt. Es steht in der wissenssoziologischen Kategorisierung dem „Verfügungswissen“ gegenüber, um dieses zu ‚zügeln‘ (vgl. Mohr 2008: 62). Vom auf Naturerkenntnis gerichteten Erfahrungs- und Denkwissen (vgl.

Theilmann 2011: 125) führt dieser Ansatz fort. Wenn naturwissenschaftliches Wissen als Verfügungswissen vermittelt wird, welches utilitaristisch ausgerichtete Problemstellungen sozialer und ethischer Art nach sich zieht, könnte dies Folgen haben, die sogar das Grundlagenwissen affizieren. Oben wurde die unwissenschaftliche Formulierung eingeführt, dass Lernende den Eindruck bekommen, ‚dass man auch dagegen sein kann‘ – es ist bisher nicht überprüft worden, ob die Aneignung von basalen methodischen Kenntnissen der Naturwissenschaften dadurch beeinträchtigt wird. Dies wäre aus Wagenscheins Sicht wohl eine Belastung der ‚Natur-Lehre‘, die die Wahrnehmung von Natur in seinem Sinne überschattet. Wird naturwissenschaftliche Erkenntnis an den möglichen sozialen und ökologischen Folgen gemessen, impliziert dies eine Dominanz der technischen Anwendung. Problematische Auswirkungen werden durch menschliches Handeln hervorgerufen, nicht durch Funktionsweisen natürlicher Kräfte oder daraus abgeleitete Naturgesetze.

Hier soll keinesfalls unter Bezug auf Wagenschein Physikunterricht als Lernen objektiver Gegebenheiten wieder stark gemacht werden. Je technischer die allgemeine Lebensgestaltung, die Fundierung aller Kultur im Sinne eines weiten Kulturbegriffs ausfällt, desto dringender wird der Bedarf, diese Situation aus einer Allgemeinbildung heraus wenigstens ein wenig beurteilen zu können. Wird dabei der kritische Aspekt, die Problematisierung der Folgen technischen menschlichen Handelns, früh im Lernprozess zu stark gemacht, kommt es jedoch statt zu einer Kenntnis von Natur und Methode ‚für mich‘ möglicherweise zu Verunsicherung gegenüber dem Gegenstand. Eine Fokussierung auf komplexe technische Funktionssysteme richtet die Perspektive einerseits auf das Spezialistentum – und, mit Wagenschein zu sprechen, Spezialisten bauen Apparate, die relative Laien weder verstehen können noch wollen –, andererseits stellt sie an diese Laien die Anforderung, sich kritisch mit den Folgen zu befassen. Dieses Verhältnis ist so asymmetrisch, dass daraus abzulesen ist, dass die Diskussion der entstehenden Probleme nicht auf naturwissenschaftlicher Ebene, sondern auf sozialer oder sozialwissenschaftlicher Ebene stattfindet.

Im Falle der Atombombe ist die Situation recht einfach: Kernspaltung oder -fusion sind nach grundlegenden physikalischen Modellen nachzuvollziehen (Beobachten oder experimentell nachvollziehen verbietet sich von selbst). Das ethisch bedenkliche

menschliche Handeln kann auf diese Modellkonstruktionen bezogen werden. Zugleich kann die ethische Kritik auch ohne Kenntnis der kernphysikalischen Modelle geäußert werden, sie muss nicht naturwissenschaftlich vermittelt sein. Auf diesem Weg kann die Kritik zum Misstrauen gegenüber Naturwissenschaften führen, ohne dass überhaupt ein physikalisches Grundverständnis im Spiel war.

Heute stehen im öffentlichen Diskurs andere Probleme im Mittelpunkt:

Energieverschwendung und die Ressourcenknappheit, die Schädigung der natürlichen Umwelt durch die übermäßige Nutzung fossiler Brennstoffe, die einen globalen Treibhauseffekt hervorrufen kann, die Energiegewinnung durch Kernbrennstoffe, die im Katastrophenfall über Menschenalter hinweg zu Genschädigungen und Tod in der belebten Natur führen, der Müll und die Müllentsorgung (Kircher<sup>2</sup>2009: 46).

Die hier genannten Problemfelder sind konsensfähig. Zu fragen bleibt, inwieweit sie physikalische Themen darstellen. Die friedliche Nutzung von Kernenergie ist vom Grundmodell her so einfach wie Kernwaffen, die Unfall- oder strukturellen Gefahren, die sie mit sich bringt, übersteigen aber im Einzelnen das Verständnis von Laien in physikalischer Hinsicht. Müll ist ein Problem der übermäßigen Güterproduktion sowie der Art der produzierten Güter – um das zu beurteilen, braucht niemand physikalische Kenntnisse. Interessanter und auch auf die Lebensumgebung der Lernenden bezogen, wären Fragen der Ressourcenverschwendung (Techniken der Stromerzeugung stehen damit in Zusammenhang). Es handelt sich um umfassende Themengebiete, die unter anderem auch den Stromverbrauch betreffen. In Bezug auf Elektrizität wäre eine physikalische Analyse von elektrischen Geräten möglich, auch wenn dies von der Naturerkenntnis weg- und tief in die angewandte Technik hineinführt. Wagenscheins kritische Beobachtung, Schüler hielten Geräte für selbstverständlich und wollten gar nicht wissen, wie sie funktionieren, könnte einen Weg weisen: Man könnte sich um den Wirkungsgrad kümmern, anstatt zu beklagen, das Warenangebot enthalte ‚Stromfresser‘. Digitale Endgeräte könnten dabei als Hardware Thema sein, ebenso wie ihre Benutzung. In den Medien wird beispielsweise der Stromverbrauch von Internetbenutzung thematisiert (vgl. Eckert 2019), doch um daraus ein physikalisches Thema zu machen,

müsste auf Einzelheiten eingegangen werden – mitgeteilte Zahlen bewerten können alle Laien auch ohne physikalische Grundkenntnisse.

### **7.13 Messung des Lernerfolgs**

Wagenschein hat sich in vielerlei Hinsicht kritisch über die Schulreformen geäußert, sah aber durchaus Anschlussfähigkeit für seine Ideen. Als hemmende Faktoren der Umsetzung der Reformvorschläge benennt er in einem Interview mit Horst Rumpf (1976), dass die „Vorschläge in die Hände des Staates und der Parteien gefallen sind und dort zerfetzt werden“ (Müller, Schumann: 179). Die didaktische Analyse, wie sie Wolfgang Klafki auf den Weg gebracht hat (vgl. Klafki 1958), hat Wagenschein im Prinzip wohl gut geheißen, da sie zunächst nichts Anderes darstellt, als eine gründliche Unterrichtsvorbereitung. Die Überführung der Fachdidaktik in eine abstrahierende Wissenschaft konnte er jedoch nicht nachvollziehen. Er hielt sie für ein „sich Verstecken in dem unseligen Fachjargon, einer Retortensprache (besonders in der Lehrerbildung), die oberhalb und außerhalb dessen verläuft, wovon sie zu reden vorgibt („Kompetenz, Performanz, elaboriert, restringiert...““ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 111).

Völlig unerreichbar war seiner Auffassung nach die Messung des Unterrichtserfolgs. Er äußerte sich dazu nur rückblickend in der Autobiographie, ohne jemals in die Diskussion über Messverfahren und Ähnliches einzugreifen: „Der Aberglaube an eine objektive und genaue Meßbarkeit der Schulerfolge („Leistungen“); eine Illusion, die noch dazu nicht bemerkt, daß eben als Folge der unaufhörlichen Meßkontrollen die ‚Leistung‘ von der Qualität in die Quantität verkommt“ (Wagenschein <sup>2</sup>1989: 111; kommentiert bei Gerwig 2015: 63f.). Für ihn sind Noten in Regelprüfungen als Standard für Vergleiche ausreichend.

## 8 Fazit

Martin Wagenschein hat der Physikdidaktik über Jahrzehnte hinweg Anregungen gegeben. Die Beobachtung, dass er bis ins hohe Alter sehr häufig zu Vorträgen gebeten wurde, und zwar oft mit Themen, zu denen er sich bereits zehn und mehr Jahre zuvor geäußert hatte, belegt das Interesse an seinen Ausführungen. Bestätigt wird dies durch die wiederkehrenden Neuauflagen seiner Aufsätze. Dass es rezent nur eher wenige Anhänger einer vermeintlich poetischen ‚Lehrkunst‘ gibt (vgl. u. a. Berg / Schulze 1995; Aeschlimann 1999 u. 2022; Gerwig 2015) gibt und dass reformpädagogische Strömungen (vgl. u. a. Buck / Mackensen <sup>7</sup>1990) sich auf Wagenschein beziehen, macht ihn auch heute noch nicht zum „Rebell, der sich [...] nicht durchsetzen konnte“ (Engelbrecht 2003: 10) und zu jemandem, dessen „Arbeiten [...] einen noch nicht wirklich gehobenen Schatz bergen“ (Redeker: 264).

Die Referenzen auf Wagenschein in der breiter gestreuten physikdidaktischen Literatur betreffen meist einzelne seiner Aussagen, die in aktuelle Konzepte eingefügt werden, ohne Entstehungsbedingungen zu beachten. Bedauern, dass ‚Phänomene‘, also Erscheinungen der Natur und Technik, im Unterricht zu selten sinnlich erfahrbar würden, wechseln sich ab mit dem Wunsch, Stofffülle durch exemplarisches Lernen zu verringern. Auch die Ansicht, „wenn man sich nach den Mädchen richtet, so ist es auch für die Jungen richtig“ findet sich häufiger als Zitat – stets allerdings als Einzelsatz, nicht im weiteren Kontext.

Die Lektüre der wagenscheinschen Publikationen im Zusammenhang, vor allem der historischen Chronologie folgend, zeigt eine Entwicklung, die durch Bildungsreformen und Herausbildung der Fachdidaktik beeinflusst ist, sich diesen jedoch nur oberflächlich anpasst. Wagenschein hält sich an gesicherte Erfahrungen, die er von jungen Lehrerjahren an bestätigt gefunden hat – und erregt mit genau diesen immer wieder Interesse. Da er am Ende auf mehr als vier Jahrzehnte Erfahrung mit Schulunterricht und Lehrerbildung zurückblicken kann, verfügt er über eine kontinuierliche Vergleichsbasis, die er retrospektiv vergleichend produktiv nutzt.

Wagenschein bezieht sich häufig auf kollektive oder individuelle Erfahrungen und Meinungen von Erwachsenen, die von ehemaligem Physikunterricht geprägt sind und

dessen Auswirkungen sich in ihrem Lebenslauf bewährten oder nicht. Aus solchen Einschätzungen leitet Wagenschein ab, was im Unterricht der nachrückenden Kohorten anders gemacht werden müsste. Auch einzelne Rückmeldungen Erwachsener zu den Effekten oder Erfolgen des früheren Unterrichts in Mathematik und Physik sind ihm wichtig. Sie erlauben nicht nur eine Erfolgsfeststellung, sondern auch eine Einschätzung der psychischen Auswirkung, beispielsweise auf die Identitätsbildung oder Rezeption von öffentlichen Diskussionen. Bemerkenswert ist, dass die Betroffenen für Wagenschein als individuelle Personen in Erinnerung sind und auch erwähnt werden, nicht als abstrakte Akteure aus einem didaktischen Feld. Dies mag einer der Gründe dafür sein, dass seine Texte im Vergleich zu eher wissenschaftlichen didaktischen Abhandlungen mitunter antiquiert oder ‚romantisch‘ wirken. Das ist ein anderer Zugriff, als er in der wissenschaftlichen Didaktik verwendet wird, niemand sieht dort heute mehr persönlich bekannte Jugendliche – und schon gar nicht spätere Erwachsene –, sondern nur die in Lehrbüchern und Forschungsartikeln verallgemeinernd und statistisch aufbereiteten Fälle oder Fallzahlen anonymisierter ‚Schüler\*innen‘.

Bei Erhebungen von Lernenden zu ihren Interessen in Naturwissenschaften werden junge Menschen zu Untersuchungsobjekten befragt, die das Fach noch nicht kennen oder vorab bereits aus ihrem (kenntnislosen) Desinteresse keinen Hehl machen (über diejenigen, die darauf brennen, endlich intensiv Physik zu lernen, wird in der Didaktik selten verhandelt, sie werden als unproblematisch wahrgenommen, anstatt Orientierung zu geben). Möglicherweise wäre die Retrospektive, die die Bewährung früheren Physikunterrichts unter Lebenserfahrung in den Blick nimmt, auch heute ein Weg, um didaktischen Nutzen abzufragen. Gerade die kategorialen Lernziele der fachlich gestützten Einsicht in ‚Schlüsselprobleme‘ kann sich erst mittel- bis langfristig bewähren, eine unfreiwillige kurzfristige Teilnahme an PISA-Klausuren bietet dafür keinen Maßstab.

Lange bevor Klafki und andere die Ziele ‚gesellschaftliche Partizipation‘ oder ‚Verantwortlichkeit des eigenen Denkens und Tuns‘ (Combe / Gebhard 2012: 34) proklamiert haben, monierte Wagenschein die geringe Fähigkeit vieler Erwachsener, auch ‚der großen Masse‘, auf der Ebene einer Allgemeinbildung fachlich gestützte Urteile zu fällen oder Zusammenhänge zu begreifen. Erst wenn „das im Unterricht erworbene Wissen in öffentlichen Diskursen heranzuziehen und an diesen mit mehrperspektivischen

fachlichen Argumenten zu partizipieren“ (Benner 2019: 84) gelingt, würde sich die Kategorie des Physikalischen als Bestandteil der Allgemeinbildung bewähren. In anderen Fächern stützen Menschen auch ihre Verhaltensweisen auf Kenntnisse, die sie bereits in der Schule erworben haben, warum sollte nicht generell ein fachlicher Bildungserfolg nachträglich untersucht werden? Wagenscheins Annahme eines lebensweltlichen und -zeitlichen Kontinuums, in dem sich der persönliche, gesellschaftliche und fachspezifische Einfluss der Schule auf das Denken und Handeln von Erwachsenen auswirkt, weist in diese Richtung. Dabei geht es nicht um ein ‚*life-long learning*‘ von Details, sondern um die Wirksamkeit der ‚Einwurzelung‘ grundlegender Kenntnisse, die im Sinne exemplarischen Lernens übertragbare Verfahren vermitteln. Erst wenn das Stichwort Physik nicht mehr mehrheitlich ‚Quälinstrumente‘ in Erinnerung rufen würde, sondern Fachkenntnisse und Denkmuster, könnte von didaktischem Erfolg gesprochen werden.

Der Lernprozess beginnt für Wagenschein beim Individuum, nicht bei einer Schulklasse. Auch wenn er darstellenden Unterricht behandelt, sind seine Bezugsgrößen die Einzelnen, die sich persönlich beteiligen (oder dies verweigern). Hierarchien haben die Lerngruppen in seiner Vorstellung nicht, auch die Lehrpersonen sollen sich zurücknehmen, nicht abschrecken (‚verstören und betäuben‘; vgl. Wagenschein 1965/1961: 426) oder die Diskussion zwischen Gruppenmitgliedern dominieren. Beobachtung, Verstehen und ‚Einwurzelung‘ betreffen jedes Individuum, das allerdings nur den Beginn des Lernprozesses allein ‚erlebt‘. Ein Übergang zur Gruppe findet durch Gespräche statt, seien sie von der Lehrperson durch Fragen angeleitet oder selbstständig zwischen den Lernenden in Gang gesetzt: „Der Lehrer ist dabei kein omnipotenter Wissensvermittler, kein Instruktor, sondern der Moderator für Lernprozesse und der einfühlsame Erzieher“ (Kircher <sup>2</sup>2009: 65). Engelbrechts Kritik, dass durch erfahrungsbezogene Gespräche keine methodischen Denkstrukturen entstehen könnten (Engelbrecht 2003: 24), steht Theilmanns Beobachtung gegenüber, dass die Qualität des Denkens sich durchaus in dieser Richtung entwickle (Theilmann 2011: 54).

Eine Anmerkung Klafkis zum sokratischen Gespräch in der Schule verweist darauf, dass ein solches Verfahren inhaltlich und strukturell immer seine Grenzen finde in den Vorkenntnissen und Argumentationsfähigkeiten der Teilnehmenden, „der Qualität der [...] zur Verarbeitung jener Erfahrungen in die Diskussion ‚mitgebrachten‘

Erkenntnispotentiale“ (Klafki 2019b: 68). Dem ist zuzustimmen. Gerade auch die gegenwärtige Behauptung, sogenannte Schwarmintelligenz garantiere überlegene Problemlösungskompetenz, lässt diese Einschränkung vermissen: Wenn im Schwarm niemand ist, der die Lösung schon weiß, führt auch eine breite Diskussion kaum zu einem befriedigenden Ergebnis. Das Ergebnis wäre jedenfalls, unabhängig von der Selbsteinschätzung des Schwarmes, an bewährten Lösungen vergleichend oder im Experiment zu überprüfen. Dies ist Wagenschein bewusst. Er meint auch keineswegs, dass eine, vor allem jüngere, Lerngruppe ein Fall- oder ein Ohmsches Gesetz selbst entwickeln wird. Er beharrt aber darauf, dass jede einzelne Person Beobachtungen machen muss, über die es sich auszutauschen lohnt, und die die Zuversicht ‚etwas‘ Verallgemeinerbares darüber herausbekommen zu können, vermittelt. Das ist in Wagenscheins Vorstellung eine Einsicht in ‚*nature of science*‘, ohne dass dieser Aspekt methodenkritisch angekündigt werden muss.

Die Hinleitung von der Beobachtung über Erklärungsversuche und Experiment zur Gesetzmäßigkeit ist schließlich Aufgabe der Lehrperson, ebenso die Anleitung zu Formalisierung und Quantifizierung. Auf Basis eigener Erfahrung werde dies von den Mitgliedern der Lerngruppe leichter nachvollzogen und durchschaut, als wenn ein darstellender Unterricht es behauptet und anschließend auf Beispiele anwenden lässt. Die Skepsis, die sich hier bei heutigen Lesern einstellt, die Überzeugung, dass Wagenscheins Beharren auf unvermittelte Ursprünglichkeit naiv und weltfremd sein müsse, könnte aber wenigstens dazu motivieren, über die Bedingungen eines solchen Prozessmodells des Physik-Lernens erneut nachzudenken. Auch in der Skepsis, in einer stirnrunzelnden Haltung des ‚schön wär’s‘, liegt Anregungspotenzial, das man zu Wagenscheins Aktualität rechnen darf (Voraussetzung ist, dass man sich darauf einlässt, und hierfür kann die weitgehende Akzeptanz der wagenscheinschen Pädagogik ein Motiv bieten).

Theilmann hat zu bedenken gegeben, dass Physiklehrende der Gegenwart schon deshalb irritiert sein könnten, weil sie selbst weder eine solche Zugangsweise zu Naturphänomenen noch zu deren physikalischem Verständnis erlebt hätten. Sie hätten sich die Duplizität der Wahrnehmung (Phänomene als sinnliche der Erfahrungswelt und naturwissenschaftliche im Sinne von *science* gleichermaßen) nie vor Augen geführt – auch nicht vor Augen geführt bekommen. Deshalb wird wohl auch so häufig gefordert,

Lernende müssten mit Hilfe von lebensweltlichen Beispielen ‚Sinn konstruieren‘, anstatt die Erklärung von Funktionsweisen des Phänomens als Sinn zu akzeptieren. In Wagenscheins Modell ist Letzteres dem Lernprozess zu Beginn eingeschrieben, in der heutigen Didaktik wird andersherum eine Anwendung bereits bekannter physikalischer Lehrsätze auf Alltagswelt empfohlen. Das kann zwar in Grenzen mit Wagenscheins Ansatz verglichen werden, enthält aber einen Richtungswechsel von der induktiven zur deduktiven Methode. Der Unterschied besteht eben darin, dass heute dem systematischen Stoff ‚subjektiver Sinn‘ hinzugefügt werden (vgl. Gedaschko / Lechte 2008: 51), nicht das Subjekt durch die Erfahrung mit Naturphänomenen und ihrer Verarbeitung bildend geprägt werden soll.

Die historische Differenz zwischen Wagenscheins klassischem Bildungsbegriff und dessen aktuellem Pendant macht eine gewisse Unvereinbarkeit der Positionen auf abstrakter Ebene deutlich. Wagenschein legt Wert auf die Vermittlung individueller Fähigkeiten in Zusammenhang mit einer Systematik fachlicher Kenntnisse, beides als Teil einer Allgemeinbildung. Dies steht in der Tradition, formale und materiale Bildung miteinander in Beziehung zu setzen, wobei Wagenschein die Materialität durch Auswahl exemplarischer Stoffelemente einschränken möchte. Im Exemplarischen sieht er zugleich das Genetische als Selbsterfahrung, Denkerfahrung und Annäherung an Methode (auch als Einsicht in ‚*nature of science*‘ aufgefasst), ferner das Sokratische als kombinierte Denk-/Kommunikationsfähigkeit. Diese Bildungsbestandteile, die heute als getrennte Kompetenzen beschrieben werden, ohne dass ihr innerer Bezug aufeinander geklärt ist, werden durch den Lernprozess im Rahmen der Bildungsvorstellung untrennbar voneinander vermittelt.

Die Kompetenzdidaktik zielt auf Fertigkeiten, dies ist die geläufigste Übersetzung des letztlich vagen Kompetenzbegriffs. Klafki hat noch regelmäßig von ‚Fähigkeiten‘ gesprochen, also dem individuellen (subjektiven) Potenzial, Kompetenzen anzuwenden, nicht von konkreten Fertigkeiten. Er verharrt auf der Seite der Bildungstheorie, es bestehen „Abstimmungsprobleme zwischen Bildung und Kompetenz“ (Benner 2018: 74). In dem Sinne, in dem Klafki in Kompetenzen eine pragmatisch-utilitaristische „Indienstnahme“ der Schule für berufliche Spezialisierung befürchtete (vgl. Benner 2018: 74), hat sich die Kompetenzdidaktik zuletzt fest institutionalisiert. Gefragt wird weniger

nach dem individuellen Bewusstsein der Lernenden, als vielmehr nach abrufbaren Fertigkeiten. Wagenschein würde darin vermutlich mit Lichtenbergs Wort das ‚Apportieren‘ von möglicherweise ‚leeren‘ Routinen befürchten, jedenfalls den Nachvollzug unverstandener Handlungssequenzen.

Die Fragmentarisierung des Schulwissens in fachspezifische Kompetenzen führt zu einem segmentierten Bewusstsein, das einer Segmentierung der Gegenstände korrespondiert. Wie gezeigt wurde, kommt deshalb ein umfassender Naturbegriff, den Wagenschein als zentralen Ausgangs- und Zielgegenstand des allgemeinbildenden Physikunterrichts einsetzt, in der Fachdidaktik kaum noch vor. Technik in ihren vielfältigen Erscheinungsformen ersetzt ihn und präjudiziert damit weiterhin die gesellschaftlich verbreitete Identifikation von Physik als deren Grundlagenwissenschaft. Dies wird verstärkt von gesellschaftlichen Diskursen, die einerseits ‚Natur‘ eher biologienah und andererseits Technik als praktische Verwirklichung von naturwissenschaftlicher Forschung präsentieren, die der Natur gegenüberstehe. Wagenscheins ‚*ceterum censeo*‘ richtete sich schon in den 1950er Jahren gegen die „in den breiten Massen festsitzende, falsche Gleichung ‚Naturwissenschaft = Technik‘“ (Wagenschein 1965/1950: 119).

Heutige Kompendien der Physikdidaktik reproduzieren zu einem großen Teil diese ‚falsche Gleichung‘. Auch wenn einzuräumen ist, dass Wagenschein nicht überall in seinen Schriften Technikwissen als angewandte und deshalb sekundäre Physikkenntnisse zurückweist, bietet sie in seinen Augen aber nur die physikdidaktische Option, durch sie hindurch auf die natürlichen Grundlagen zurückzuschauen. Diese Position ist für ihn ein Zugeständnis, umfassend akzeptieren kann er die Priorisierung von Technik nicht, obwohl er ihr bereits in den 1950er Jahren eine dominante gesellschaftliche Funktion zuschreibt. Er bleibt darin Theodor Litts Konzept von Kultur und Natur verbunden, die in der Bildung zeitgemäß miteinander vermittelt werden müssten (wohlgemerkt, Wagenschein hat dies schriftlich früher festgehalten als Litt).

Historisch gesehen erhält das Fach Physik in weiterführenden allgemeinbildenden Schulen seit dem 19. Jahrhundert den Fortschritt der technischen Zivilisation kumulativ aufgebürdet. Einerseits geschieht dies, weil sich eine zunehmend komplexe Technik der Lebensbewältigung nicht aus der allgemeinen Wissensvermittlung ausgrenzen lässt und

andererseits kein Fach Technik am Gymnasium eingeführt wurde. Die Diskriminierung von Naturwissenschaften im humboldtschen Bildungsparadigma hielt den Anteil der Naturwissenschaften an den Curricula schon klein genug, der wachsende Technikanteil verkleinerte den Spielraum zusätzlich. In keinem anderen Fach wuchs der lebensweltliche Anteil des potentiell zu berücksichtigenden Stoffes in vergleichbarem Ausmaß. Zwar wird auch der potentielle Stoff der Kulturwissenschaften umfangreicher, doch wird er durch Kanonbildung gegliedert. Es ist dort nicht alles gleich wichtig. In Physik kann nur vorsätzlich aus Themen ausgewählt werden, die alle gleichzeitig Geltung haben. Das gilt für Physik in noch größerem Maße als für Biologie und Chemie.

Das curriculare Missverhältnis zum Inhalt ist in der Folgezeit nicht geringer geworden. Einzuräumen freilich bleibt, dass auch kulturwissenschaftliche Fächer durch die Technisierung zusätzlichen Stoff aufnehmen mussten, angefangen von den Sprachen über Sozialkunde, Philosophie und Religion bis zu den Künsten. Sie alle befassen sich mit Bedingungen und Folgen technischer Entwicklungen entweder als alltägliche Normalität oder als epochale Schlüsselprobleme, können aber die Vermittlung von MINT-Grundlagenkenntnissen nicht übernehmen. Es findet kein Austausch zwischen den Lernzielen statt, sondern eine asymmetrische Aufladung des Faches Physik. Als Folge davon werden heute zusätzlich zum physikalischen Grundlagenwissen die Kompetenzen „Kommunikation“ und „Bewertung“ ebenfalls in den Physikunterricht hineingetragen, die den zu behandelnden Stoff weiterhin ausdehnen.

Die Stundendeputate der Physik bleiben weiterhin klein. Wagenscheins Überzeugung, die von bedeutenden Physikern seiner Zeit geteilt wurde, zielte auf eine angemessene Kenntnis grundlegender Physik als Wissen über die natürliche Existenzgrundlage des Menschen überhaupt und konstatierte dafür bereits zu wenig Unterrichtszeit. Er wollte Neugier als Entdeckungshaltung in jedem Individuum wecken, die dann Findigkeit und Erklärungssuche generiert, um letztlich Wissen und ‚*Scientific Awareness*‘ in der Gesellschaft zu etablieren. Das kann zu Kompetenzen beitragen, ist selbst aber keine exakt beschreibbare Kompetenz. Es entspricht vor allem nicht der zertifizierenden „Outputorientierung“ (Rehm 2010: 22).

An der Stelle von Naturbegriff und ‚Natur-Lehre‘ steht heute ‚*Scientific Literacy*‘ als Bildungsziel“ (Rehm 2010: 23). Die zentrale Bedeutung richtet sich auf „das Verständnis

naturwissenschaftlich-technischer Anwendungen im Alltagsleben und ihre Berücksichtigung bei individuellen persönlichen Entscheidungen, bei denen naturwissenschaftliche Aspekte eine Rolle spielen (z. B. Gesundheit, Energieressourcen)“ (Fischler et al. 2018: 19), vereinfacht gesagt „Zugang zur natürlichen und technischen Welt um uns herum liefern“ (Gräber / Nentwig 2002: 15). Die anglo-amerikanische Konzeption ist utilitaristisch ausgerichtet und deshalb an Kompetenzdidaktik anschließbar, auch die übliche deutsche Übersetzung als „naturwissenschaftliche Grundbildung“ stellt nur „oberflächlich [...] die Anlehnung an den Bildungsbegriff“ (Fischler et al. 2018: 19) her. Das Konzept der ‚*Scientific Literacy*‘ hat Einfluss auf deutsche Lehrpläne und Bildungsstandards, Grundkenntnisse ohne Anwendungscharakter stehen aber als zu vermittelndes Fachwissen noch im Vordergrund (vgl. BM–RLP 2014: 192).

Unter dem Eindruck von Wagenscheins Wertschätzung der Natur stellt sich die Frage, ob ein Bildungsziel ‚*Scientific Literacy*‘ nicht den Bedeutungs- und Geltungsanspruch der Physik absenkt. „Zugang zur natürlichen und technischen Welt um uns herum“ (Gräber / Nentwig 2002: 15) klingt, ohne dass man es allzu böswillig fehldeuten muss, ein wenig nach der Lektüre von Bedienungsanleitungen. Als Strukturmerkmal drängt sich jene Selbstverständlichkeit im Bewusstsein von der „Welt um uns herum“ auf, die Wagenschein als Hinderungsgrund für Interesse befürchtete. Würde seine Hervorhebung der „Nichtselbstverständlichkeit“ (Wagenschein 1965/1961: 424) Interesse wecken? Die Hinweise der fachdidaktischen Literatur auf Alltagsbezug, Vertrautheit und persönliche Sinnkonstruktion der Lernenden scheint immer in „unsere Welt“ zu weisen, in jenen Bereich, wo sich alle auskennen. Ist das ein Ansatz für Entdeckungsdrang, Experimentiersystematik und Methodenkenntnis?

Der moralisch und politisch aufgeladenen Naturbegriff aktueller öffentlicher Debatten könnte benutzt werden, um das Wort ‚Natur‘ mit einer erweiterten (nicht notwendig traditionellen, älteren) Bedeutung aufzuwerten. Dies kann sich nicht auf Sinnkonstruktionen durch Lernende beschränken, es müsste mit deutlich weiter gefasstem Geltungsanspruch vorgetragen werden. Das aber würde nicht funktionieren, solange der öffentliche Gebrauch des Terminus dem entgegensteht.

Ansatzpunkte deuten sich bei Wagenschein allerdings an: Seine quasi religiös fundierte Haltung der Ehrfurcht zeigt die Richtung, auch wenn sie heute nicht verallgemeinert werden kann. Kaum jemand hat mehr Ehrfurcht und Religion ist keinesfalls eine Grundlage für naturwissenschaftliches Denken. Trotzdem machen diese Voraussetzungen eine Erkenntnis von Natur als übergeordneter Existenzbasis nicht unmöglich – niemand wird den Kräften der Natur in ihrer Funktionsweise den Respekt versagen, wenn ihm die Dimension klar wird. Wenn physikalische Erkenntnisse nicht nur als abstraktes Basisprinzip irgendwelcher Apparate ausgewiesen werden, sondern als zuverlässige, messbare, prognostizierbare Beschreibungen natürlicher Funktionsweise, sind sie kein vernachlässigbares Accessoire pannengeplagter technischer Apparate mehr, sondern unumstößliche Einrichtungen, verlässliche Partner, Gesetze, gegen die keiner verstoßen kann. Also eigentlich etwas, dessen Fehlen allenthalben beklagt wird. Wenn derartige Bedeutungskomponenten in den Naturbegriff einfließen, können sie auch auf den der Naturwissenschaft übertragen werden. Ein solches Lernziel wäre am ehesten mit Rückbindung an das Erfahrungslernen im genetischen Prozess vorstellbar. Wenn vergleichbare Vorstellungen ‚eingewurzelt‘ würden, ließe sich auch anschließend Technik als Fenster auf Naturkräfte einführen.

Noch einmal sei es betont: Man kann Wagenscheins Konzept der Natur-Lehre nicht in allgemeinbildenden Schulen einer Gesellschaft umsetzen, in der Utilitarismus und Anspruch auf technische Beherrschbarkeit sogar der Natur dominant sind. Man kann aber anfangen darüber nachzudenken, ob es nicht zumindest teilweise kurzsichtige Anbindung des Unterrichts an eine kleine Lebenswelt ersetzen kann. Der unstrittige Bildungsstandard ‚Partizipation‘ würde dann nicht auf Mitmachen beschränkt, sondern als selbstbestimmtes gemeinsames Überlegen unter Abstraktion von den pragmatischen Details einen höheren Freiheitsgrad gewinnen. Das psychologisch geltend gemachte ‚Selbstkonzept‘ von Lernenden würde profitieren: Sie müssten sich nicht als Abhängige von Sachen und Meinungen begreifen, sondern als Mitwisser von etwas Überlegenem, das dauerhaft, ubiquitär und ohne Ansehen jeglicher Person fortwirkt.

Als aktuelles Spezialproblem zu erwähnen bleibt das landläufig mit ‚Kommunikationskompetenz‘ benannte Lernziel. Es betrifft, soweit entsprechende didaktische Arbeiten Einzelheiten nennen, Hörverstehen und Leseverstehen ebenso wie

eigene mündliche und schriftliche Äußerungen von Lernenden. Wie oben zusammengefasst, werden unterschiedliche lexikalische und grammatische Defizite genannt, die sich letztlich auf Strukturen der Standardsprache beziehen. Bedenken, dass Schüler einer Fachsprache der Physik nicht gewachsen wären, sind fraglos übertrieben, denn vor dem – freiwillig von Motivierten zu wählenden – Leistungskurs in der Oberstufe spielt ein fachsprachliches Register eigentlich keine Rolle. Einige notwendige Fachwörter sind mit dem Gegenstand erlernbar, grammatisch aufwändige oder ungewöhnliche Konstruktionen sind nicht erforderlich. Eher wäre an eine gegenüber Redeweisen in anderen Fachgebieten, die mit Einschränkungen und nicht-kausalen Begründungen operieren, besonders einfache Sprachverwendung zu denken. Wohlgemerkt beziehen sich diese Aussagen nur auf grundlegenden Stoff im Unterricht der Sekundarstufen, sie beziehen sich nicht auf die Komplexität fachwissenschaftlicher Physik.

Es geht bei tendenziell fachphysikalischen Aussagen um eindeutige Beziehungen zwischen den Strukturelementen der Sprache. Fachwörter sind, im Gegensatz zu vielen Termini sprachbasierter Fächer, nicht mehrdeutig, ihre Bedeutung kann definiert werden, ohne dass umfangreiche Nominaldefinitionen wie im Politikunterricht oder Geschichte bemüht werden müssen, Meinungen oder Vorbehalte kommen in Physik nicht vor. Vor allem gibt es nichts zu ‚interpretieren‘ und keinen ‚Sinn zu konstruieren‘. Machs Vorliebe für die ‚Ökonomie‘ (im Sinne von Sparsamkeit) der Denk- und Sprachfiguren könnte durchaus als Parteinahme für die Übersichtlichkeit naturwissenschaftlichen Redens und Schreibens verstanden werden. Im Gegensatz zu Fächern, deren Gegenstände überwiegend sprachlich konstituiert sind (Sozialwissenschaften, Literatur, Politik etc.), ist der Vorrat an schultypischer physikalischer Ausdrucksweise beschränkt, vor allem hängt die (formalisierte, mathematisierte) ‚Wissensfassung‘ nicht von rhetorischem Geschick, sondern von logischer Eindeutigkeit, Einfachheit und Richtigkeit ab. Wagenschein beobachtete, dass sich entsprechende Vereinfachungen und Präzisierungen als fachsprachliche Einflüsse (nicht als Fachsprache) im Laufe der gegenstandsbezogenen Gespräche ‚ergeben‘. Selbstverständlich geht er davon aus, dass Vorbilder eine Rolle spielen, dass also Lehrpersonen die Entwicklung lenken.

Irritierend in didaktischen Abhandlungen zu Naturwissenschaftsunterricht und Sprachverwendung ist, dass über die eigentlichen Kommunikationsgewohnheiten von

Jugendlichen nichts mitgeteilt wird. Wagenschein setzte immer voraus, dass ‚Kinder‘ das, was sie denken, auch auszudrücken vermögen. Diese Erwartung stützt sich zunächst auf die Beobachtung, dass Jugendliche permanent miteinander sprechen. Am Anfang bedienen sie sich auch beim Austausch über natürliche Phänomene jener Redeweise, die ihnen aus Gewohnheit zur Verfügung steht: „sie gebrauchen wunderbare Wendungen“ (Wagenschein 1965/1950: 132). In seinen gelegentlich mitgeteilten Gesprächsprotokollen anlässlich von Phänomen-Beobachtungen oder spielerischen Experimenten dokumentierte Wagenschein derlei explorative Formulierungen. Für ihn ist dies nicht, wie heute, auf ein Vor- oder Grundschulniveau (wie bei Plappert 2017) limitiert, erhält es für eine altersunabhängige Annäherung an beliebige Gegenstände. Wagenschein hält die Formulierungsansätze in ‚eigenem‘ Sprachregister für unverzichtbar als Beginn des Verstehensprozesses. Das ‚eigene‘ Sprachregister zeigt den Einsatz persönlichen Denkens an.

Auch wenn Wagenscheins Auffassung, Denken sei immer an lexikalische und grammatische Strukturen gebunden, heute nicht geteilt wird, könnte Zutrauen zur Kommunikationsfähigkeit der Jugendlichen untereinander den gemeinsamen Zugang zum Stoff erleichtern. Allerdings zielt eine solche Vorstellung nicht auf die „Schüler(in)-Physik-Beziehung“ (Lechte 2008: 69), sondern die Mensch-Gegenstand-Beziehung. Jugendliche verfügen über Sprachregister, mit denen sie alles ausdrücken können, worüber sie sich äußern wollen – im Zweifelsfall erfinden sie hilfsweise neue Ausdrücke (sonst wäre auch der Wandel der Jugendsprache nicht so dynamisch). Es ist möglich, eigene Register zu erweitern, um neue Sachverhalte oder Denkoperationen zu artikulieren. Jugendliche tun das täglich – heutige Jugendliche wissen sicherlich nicht weniger als ihre Alterskollegen früherer Epochen, jede Generation muss sich auf spezielle Gegenstände der Zeit einstellen. Oben wurde die Möglichkeit erwogen, dass abstrakte Darstellungen in den strukturell vereinfachenden Registern der digitalen Kommunikation kaum vorkommen, dass gängige Ausdrucksweisen also nicht allen Gegenständen gewachsen sind. Das kann aber kein Grund sein, dass Jugendliche passende Ausdrucksweisen nicht annehmen können, wenn sie entsprechende Denkoperationen durchführen.

Das Erlernen von Sprachcodes der Digitalität vollziehen Jugendliche selbstständig – Eltern haben darauf in der Regel keinen oder nur wenig Einfluss. Register der Blogs, Youtube-Szene-Videos oder Messengerdienste sind durchaus komplex, Erwachsene merken dies umgehend, wenn sie sich an ausgeprägten Beispielen informieren wollen. Die Texte sind auf den ersten Blick unverständlich, meist ohne Hilfe gar nicht restlos zu decodieren. Offenbar haben die Jugendlichen in dieser Hinsicht einen Sprachvorsprung gegenüber ihren Eltern, den diese keineswegs schnell aufholen können. Aus dieser Erfahrung heraus stellt sich die Frage, warum die Vermittlung standardsprachlicher Grundstrukturen seitens der Didaktik dem Elternhaus zugewiesen werden soll, anstatt den Jugendlichen selbst. Letztere haben durchweg keine Probleme, Sprachregister zu erlernen, die ihre Eltern nicht beherrschen. Mit Wagenschein könnte gesagt werden, dass in der Anwendung ‚eigener‘ Redeweisen eine Zugangsmöglichkeit zu Phänomenen liegt, aus der sich im Verstehensprozess auch Denk- und Sprachstrukturen differenzieren.

Abschließend sei auf jene Entwicklung hingewiesen, die einen genetischen Unterricht in Zukunft erschweren oder unmöglich machen kann: Die Medialisierung der Öffentlichkeit hat bereits in hohem Maße zu ‚Selbstverständlichkeit‘ beigetragen. Es gibt fast nichts, was nicht Jugendliche schon einmal via Medien gesehen haben (könnten). Das verringert Interesse für scheinbar banale Dinge, die man direkt sehen oder anfassen kann. Mit der Forderung nach digitalisiertem Unterricht wird diese Erfahrung auch in der Schule verstärkt. Medialisierung bedeutet Mittelbarkeit. Medien können prinzipiell keine Ursprünglichkeit ihrer Inhalte bieten. Damit ist ‚unmittelbares Verstehen‘ letztlich ausgeschlossen. Der Einwand, Beobachtungen von Phänomenen könnten ebenso gut im Film oder Foto stattfinden, entkräften die Feststellung nicht völlig. Wagenscheins Forderung nach sinnlicher Unmittelbarkeit kann nicht durch mediale Vorführungen ersetzt werden. Diese enthalten notwendig immer Apparate und Strategien ihrer Anwendung, also Vermittlung. Dass diese zusätzlich intendierter Verzerrung unterliegen – im Bild oder Film sieht das meiste eindrucksvoller aus als in Wirklichkeit –, steht dabei nur an zweiter Stelle. Wagenschein hätte es vermutlich als didaktischen Notbehelf angesehen.

Was jedoch ist – um auf Redekers These des noch nicht wirklich gehobenen Schatzes des Wirkens Wagenscheins einzugehen – Wagenscheins bleibendes Vermächtnis für die heutige Didaktik der Physik?

Wagenschein hat immer den einzelnen Schüler / die einzelne Schülerin im Blick. Die Heranwachsenden stehen als zu formende Menschen ganz in seinem Fokus. Diese Fokussierung geschieht in Gesprächsform: In der Art eines genetisch-sokratischen Austauschs versucht Wagenschein den Lernenden exemplarisch ausgewählte Inhalte zu ihren eigenen zu machen. Dieses Vorgehen unterscheidet sich gravierend von demjenigen, das den heutigen Junglehrenden vermittelt wird, die sich oft eher als Moderatoren des Lerngeschehens verstehen sollen. Wagenschein hingegen forciert das vertiefende und lang-andauernde Bildungsgespräch, welches zeitlich die drei-Minuten-Cliplänge moderner Musikvideos übersteigt. Er würde sich wohl nicht auf die Forderung eines stetigen Methodenwechsels einlassen, sondern die „Kinder“ zur intensiven Gesprächskultur erziehen wollen. Das ist etwas, was Wagenschein uns heute lehren könnte: Die Schülerinnen und Schüler im schnelltaktigen medialen Überfluss- (und vielleicht sogar Überforderungs-) angebot dazu zu erziehen, sich mit einer nicht aus ihrer direkten Lebenswelt stammenden und sie daher zuerst einmal weniger interessierenden Sache über längere Zeiträume intensiv zu beschäftigen – sie im Kopf hin und her zu wälzen und ihre Auflösung nicht einfach nur zu googlen. Das könnte - nebenbei bemerkt - auch im Nachhinein geschehen, um zu klären, ob die eigenen Überlegungen korrekt waren. Für die Lehrenden bedeutet eine solche Gesprächsführung eine gewaltige Herausforderung, denn Lehrkunst gelingt nur, wenn sie eingeübt und intensiv vorbereitet wurde. Für die Unterrichtsvorbereitung und die Lehrerbildung erfordert eine solche Herangehensweise einen Änderungsimpetus: Die Lehrenden müssen sich noch intensiver auf die zu vermittelnde Sache einlassen. In Wagenscheins Denken wäre dies sicherlich das einzelne Phänomen. Grundphänomene der umgebenden Natur muss auch der heute Lehrende wieder betrachten lernen, sie auf sich wirken lassen, sie zutiefst durchdenken, um sie dann dem Lernenden überhaupt nahebringen zu können. Die didaktische Umorientierung beinhaltete für die Physik auch – im Sinne Wagenscheins – eine Reduktion technischer Inhalte im Physikunterricht zugunsten der von der Natur an den Menschen herangetragenen Phänomene – zumindest im Unterricht der Primar-,

Orientierungs- und Mittelstufe. Zielgruppe dieses ‚Neu-Sehen-Lernens‘ wären aber nicht nur die Schülerinnen und Schüler, sondern auch die Lehrenden selbst, womit sich thematisch ein Adressatenkreis schließt, denn Wagenschein war schließlich nicht nur Lehrer und Physikdidaktiker, sondern als Fachleiter für Physik am Studienseminar in Darmstadt Ausbilder von jungen Lehrerinnen und Lehrern.

## 9 Abbildungs-, Literatur- und Quellenverzeichnis

### 9.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Briefmarke zum 150. Todestag Wilhelm von Humboldts

Quelle: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4761361>

Zugriff: 24.08.2022

Abb. 2: Photographie Ernst Machs

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ernst\\_Mach.\\_Photogravure\\_by\\_Synnberg\\_Photo-gravure\\_Co.,\\_1898\\_Wellcome\\_L0023068.jpg#/media/File:Ernst\\_Mach.\\_Photogravure\\_by\\_Synnberg\\_Photo-gravure\\_Co.,\\_1898\\_Wellcome\\_L0023068.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ernst_Mach._Photogravure_by_Synnberg_Photo-gravure_Co.,_1898_Wellcome_L0023068.jpg#/media/File:Ernst_Mach._Photogravure_by_Synnberg_Photo-gravure_Co.,_1898_Wellcome_L0023068.jpg)

Zugriff: 24.08.2022

Abb. 3: Photographie Georg Kerschensteiners

Quelle: Homepage der Kerschensteinerschule Schweinfurt: <http://www.kerschensteiner-sw.de/kss/wp-content/uploads/2018/04/Kerschensteiner-Georg-212x300.jpg>;

Zugriff: 24.08.2022

Abb. 4: Photographie Theodor Litt

Quelle: [https://www.leipzig-lese.de/media/ual\\_litt\\_3.jpg](https://www.leipzig-lese.de/media/ual_litt_3.jpg); Zugriff: 24.08.2022

Abb. 5: Photographie Wolfgang Klafkis während einer Tagung im Rahmen seiner Ehrenpromotion in Kassel im Jahr 2004

Quelle: Kramer, Cornelia (2018): Daten und Bilder zum Leben von Wolfgang Klafki. In: Braun, K.-H. / Stübiger, F. / Stübiger, H. (Hrsg.): Erziehungswissenschaftliche Reflexion und pädagogisch-politisches Engagement. Wolfgang Klafki weiterdenken. Wiesbaden: Springer, S. 15-26

Abb. 6: Bildunterschrift: „Vier Zieldimensionen einer didaktischen Analyse“

Quelle: Kircher, Ernst (2009a): Ziele und Kompetenzen im Physikunterricht. In: Kircher, Ernst / Girwitz, Raimund / Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 2. Auflage Berlin / Heidelberg: Springer [1. Aufl. 2007], S. 80

Abb. 7: BM–RLP – Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur Rheinland-Pfalz (2014): Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz. Biologie, Chemie, Physik. Klassenstufen 7 bis 9/10. Mainz. Download: [//naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/physik/lehrplaene-und-richtlinien.html](http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/physik/lehrplaene-und-richtlinien.html) (Zugriff 23.03.2023). S. 192

Abb. 8: Wagenschein, Martin (1953): Natur physikalisch gesehen. Eine Handreichung zur physikalischen Naturlehre für Lehrer aller Schulen. Frankfurt a. M. / Berlin / Bonn: Diesterweg. S. 21

Abb. 9: Wagenschein (1953): S. 22

Abb. 10: Wagenschein (1953): S. 23

Abb. 11: Briefmarke zum 250. Geburtstags Georg Christoph Lichtenbergs  
Quelle: <http://www.jgiesen.de/briefmarken/18/lichtenberg.jpg>; Zugriff: 29.08.2022

Abb. 12: Duit, Reinders (2007): Zum Stand der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum. In: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Berlin: Lit, S. 83

Abb. 13: Feilke, Helmuth (2012): Bildungssprachliche Kompetenzen – fördern und entwickeln. In: Praxis Deutsch 2012, S. 6

Abb. 14: Kleinschmidt-Schinke, Katrin (2018): Die an die Schüler/-innen gerichtete Sprache (SgS): Studien zur Veränderung der Lehrer/-innensprache von der Grundschule bis zur Oberstufe. Berlin / New York: deGruyter. S. 49

## 9.2 Publikationen Martin Wagenscheins

Die derzeit vollständigste Bibliographie der verstreuten Veröffentlichungen Martin Wagenscheins befindet sich in: Martin Wagenschein-Archiv ([www.martin-wagenschein.de/](http://www.martin-wagenschein.de/); Zugriff 24.08.2022).

*Die folgenden Arbeiten Martin Wagenscheins sind chronologisch geordnet. Da sie in der Regel nach Wiederabdrucken in Sammelbänden oder Neuauflagen zitiert werden, besteht die Jahresangabe jeweils aus dem Druckjahr des Zitats und nachfolgend dem Jahr der Erstpublikation. Diese Darstellung wurde gewählt, weil die Reihenfolge der Entstehung für die schrittweise historische Rekonstruktion von Wagenscheins Positionen wesentlich ist.*

Wagenschein, Martin (1965/1932): Naturwissenschaft und Bildung. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 16-26 [Erstdruck in: Die Erziehung 8. Jg. (1932/33), Heft 5, 273-285.

Wagenschein, Martin (1965/1947): Ehrfurcht und Urteilskraft. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 49-58 [Erstdruck: Zur Aufgabe des physikalischen Unterrichts. In: Schola, 1947, H. 1, S. 45-55].

Wagenschein, Martin (1965/1949): Bild und Wirklichkeit. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 94-102 [Erstdruck: Gegen einen zu handgreiflichen Gebrauch der physikalischen Grundbegriffe

im Unterricht. In: Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht II, Bonn 1949, 147-152].

Wagenschein, Martin (1965/1949): Ein Unterrichtsgespräch zu dem Satz Euklids über das Nicht-Abbrechen der Primzahlreihe. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 102-110 [Erstdruck: Bildung und Erziehung 1949, S. 711-729].

Wagenschein, Martin (1965/1949): Paul Geheeb in der Ecole d'Humanité. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 157-164 [Erstdruck: Bildung und Erziehung, 3(1950)9, S. 641-647].

Wagenschein, Martin (1965/1950): Der Aufbau des Bildes der Natur. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 117-131 [Erstdruck: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht III, 1950, S. 215-217].

Wagenschein, Martin (1965/1950): Stufen zur Freiheit des Gesprächs. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 131-132 [Zuerst in: Die pädagogische Provinz, 1950, H. 3., S. 6-7].

Wagenschein, Martin (1965/1950): Der Weg der Odenwaldschule. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 164-166 [Erstdruck in: Bildung und Erziehung 1950, S. 684-686].

Wagenschein, Martin (1951): Das Tübinger Gespräch. Online: <http://www.martin-wagenschein.de/2/W-102.pdf> (Zugriff 23.05.2023).

Wagenschein, Martin (1965/1953): Das Exemplarische Lehren als ein Weg zur Erneuerung des Unterrichts an den Gymnasien. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 216-241 [Vortrag am Institut für Lehrerbildung Hamburg 1952. In: Schriften zur Schulreform, H. 11, 1953 und mehrere Auflagen].

Wagenschein, Martin (1953): Natur physikalisch gesehen. Eine Handreichung zur physikalischen Naturlehre für Lehrer aller Schulen. Frankfurt a. M. / Berlin / Bonn: Diesterweg.

Wagenschein, Martin (1965/1955): Das Exemplarische Lehren als Weg zur Stoffbeschränkung. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 266-280 [= Vortrag auf der Britisch-Deutschen Pädagogen-Konferenz in Königswinter März 1955. Abgedruckt in: Bildung und Erziehung, 1955, H. 8-9, S. 519-532; Pädagogische Arbeitsblätter. Sonderheft Forschung und Schule, 1956, S. 71-84; (auszugsweise auch als:) Mathematische Beispiele zur Überwindung der Stofffülle. In: Der Mathematikunterricht, 1962, H. 4, S. 63-66].

Wagenschein, Martin (1965/1958): Der Ruf des Raben. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 346-350 [Erstdruck: Naturlehre und Naturkunde 1958, S. 97-100].

Wagenschein, Martin (1965/1960): Das Exemplarische Lehren als fächerverbindendes Prinzip. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische

Schriften. Stuttgart: Klett, S. 266-280 [Erstdruck: Die Pädagogische Provinz 1960, S. 30-43].

Wagenschein, Martin (1965/1961): Die Tragik des Mathematikunterrichts. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 417-428 [Erstdruck: Frankfurter Hefte 1961, S. 49-58].

Wagenschein, Martin (1995/1962): Die pädagogische Dimension der Physik. Aachen: Hahner Verlagsgesellschaft [Erstdruck: Braunschweig: Westermann 1962].

Wagenschein, Martin (1965/1963): Physik-Verstehen als Beistand für die Kinder der technischen Welt. In: Ders.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Pädagogische Schriften. Stuttgart: Klett, S. 504-511. Vortrag 1963 [Erstdruck in: VDI-Nachrichten 15.05.1963].

Wagenschein, Martin (1963): Das exemplarische Prinzip aus der Sicht der Mathematik und der exakten Naturwissenschaften. In: Strunz, Kurt (Hrsg.): Pädagogisch-psychologische Praxis an höheren Schulen. München: Ernst Reinhard, S. 63-93 [Originalbeitrag].

Wagenschein, Martin (<sup>10</sup>1992): Die Entdeckung der Axiomatik. In: Ders.: Verstehen lehren. 10. Auflage Weinheim / Basel: Beltz, S. 125-150 [Erstdruck 1968: Erweiterte Fassung eines Vortrags von 1965].

Wagenschein, Martin (<sup>7</sup>1982): Zum Problem des genetischen Lehrens. In: Ders.: Verstehen lehren. 7. Auflage Weinheim / Basel: Beltz, S. 55-104 [Erstdruck 1968: Erweiterte Fassung eines Vortrags von 1965].

Wagenschein, Martin (<sup>7</sup>1982a): Zum Begriff des genetischen Lehrens. In: Ders.: Verstehen lehren. 7. Auflage Weinheim / Basel: Beltz, S. 7-40.

Wagenschein, Martin / Banholzer, Agnes / Thiel, Siegfried (1973): Kinder auf dem Weg zur Physik. Stuttgart: Klett.

Wagenschein, Martin (1976): Rettet die Phänomene! Erweiterte Fassung eines Vortrages auf der „Exempla 75“. Erstdruck in: Fragen der Freiheit Juli-August 1976. Online: [www.martin-wagenschein.de/2/W-204.pdf](http://www.martin-wagenschein.de/2/W-204.pdf) (Zugriff 23.11.2022).

Wagenschein, Martin (<sup>2</sup>1989): Erinnerungen für morgen. Eine pädagogische Autobiographie. 2. Auflage Weinheim / Basel: Beltz [Erstdruck 1983].

### 9.3 Forschungsliteratur

Adamina, Marco / Möller, Kornelia (<sup>3</sup>2010): Zugänge zum naturwissenschaftlichen Lernen öffnen. In: Labudde, Peter / Metzger, Susanne (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.- 9. Schuljahr. Bern: Haupt, S. 103-118.

Aeschlimann, Ueli (1999): Mit Wagenschein zur Lehrkunst. Gestaltung, Erprobung und Interpretation dreier Unterrichtsexempel zu Physik, Chemie und Astronomie nach genetisch-dramaturgischer Methode. Diss. Marburg.

Aeschlimann, Ueli (2022): Nicht erklären, sondern den Lernprozess zurückhaltend begleiten – das gefiel mir. In: Müller, Marc / Schumann, Svantje (Hrsg.): Wagenscheins

Pädagogik neu reflektiert. Mit Martin Wagenschein Bildungserfahrungen verstehen und unterstützen. Münster: Waxmann, S. 212-214.

Albisetti, James C. / Lundgreen, Peter (1991): Höhere Knabenschulen. In: Berg, Christa (Hrsg.): Handbuch der deutschen Bildungsgeschichte. Band 4: 1870-1918. Von der Reichsgründung bis zum Ende des Ersten Weltkriegs. München: Beck, S. 229-271.

Androutsopoulos, Jannis K. (1998): Deutsche Jugendsprache. Untersuchungen zu ihren Strukturen und Funktionen. Frankfurt/M.: Lang.

Ash, Mitchell G. (Hrsg.) (1999): Mythos Humboldt. Vergangenheit und Zukunft der deutschen Universitäten. Wien u. a.: Böhlau.

Bartosch, Ilse (2011): In: Physik lernen und Entwicklungsthemen weiblicher Adoleszenz. In: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Berlin: Lit, S. 129-132.

Bayrhuber, Horst (2017): Lernen über das Fach Biologie hinaus. In: Bayrhuber, Horst / Abraham, Ulf / Frederking, Volker / Jank, Werner / Rothgangel, Martin / Vollmer, Helmut Johannes (2017): Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik. Allgemeine Fachdidaktik. Band 1. Münster: Waxmann, S. 45-50.

Becker, Manfred (2019): Das digitale Narrativ: Wer schreibt es und was steht drin? Agsburg / München: Hamp.

Becker-Carus, Christian / Wendt, Mike (2017): Motivation. In: Becker-Carus, Christian / Wendt, Mike (Hrsg.): Allgemeine Psychologie. Eine Einführung, Berlin / Heidelberg: Springer, S. 485-538.

Benke, Gertraud (2012): Gender im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Kampshoff, Marita / Wiepcke, Claudia (Hrsg.): Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik. Wiesbaden: SpringerVS, S. 213-227.

Berg, Hans-Christoph (1986): Lehrkunst im Traditionsstrom – dank Wagenschein. In: Neue Sammlung 4/1986, S. 595-600.

Berg, Hans Christoph / Schulze, Theodor (1995): Lehrkunst. Luchterhand Verlag, Neuwied / Berlin.

Berg, Hans Christoph (2009): Die Werkdimension im Bildungsprozess. Das Konzept der Lehrkünstlerdidaktik. Band 1 der Reihe „Lehrkünstlerdidaktik“. Bern: hep.

Berg, Hans Christoph (2022): Wagenscheins didaktische Werke haben mich überzeugt. In: Müller, Marc / Schumann, Svantje (Hrsg.): Wagenscheins Pädagogik neu reflektiert. Mit Martin Wagenschein Bildungserfahrungen verstehen und unterstützen. Münster: Waxmann, S. 215-223.

Berglar, Peter (1970): Wilhelm von Humboldt. Reinbek: Rowohlt (= rowohlt monographien).

BFDM (Bildungssprache in Fächern Deutsch und Mathematik) (2019): Forschungsprojekt der LMU und Univ. Bayreuth. Download Kurs-Demo: [www.didaktik.germanistik.uni-muenchen.de/forschung-projekte/forschung-](http://www.didaktik.germanistik.uni-muenchen.de/forschung-projekte/forschung-)

entwicklung/abgeschlossene\_projekte/wege-zur-bildungssprache/projektinformationen/index.html (Zugriff 03.05.2023).

Biermann, Heike Renate (2010): Praxis des Mathematikunterrichts 1750-1930. Längsschnittstudie zur Implementation und geschichtlichen Entwicklung des Mathematikunterrichts am Ratsgymnasium Bielefeld. Berlin: Logos (= Diss. Duisburg-Essen).

Biographische Angaben, Nachlass Martin Wagenschein im Bundesarchiv; online [www.bundesarchiv.de/nachlassdatenbank/viewsingle.php?person\\_id=40666&asset\\_id=45933](http://www.bundesarchiv.de/nachlassdatenbank/viewsingle.php?person_id=40666&asset_id=45933); Zugriff 23.09.2022.

Bischof-Köhler, Doris (<sup>3</sup>2006): Von Natur aus anders. Die Psychologie der Geschlechtsunterschiede. 3. Auflage Stuttgart: Kohlhammer.

BM-RLP – Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur Rheinland-Pfalz (2014): Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz. Biologie, Chemie, Physik. Klassenstufen 7 bis 9/10. Mainz. Download: [//naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/physik/lehrplaene-und-richtlinien.html](http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/physik/lehrplaene-und-richtlinien.html) (Zugriff 23.03.2023).

Bönsch, Manfred (2006): Allgemeine Didaktik: ein Handbuch zur Wissenschaft vom Unterricht. Stuttgart: Kohlhammer.

Borsche, Tilman (1990): Wilhelm von Humboldt. München: Beck.

Borowski Andreas (2019): Die Bedeutung naturwissenschaftlichen schulischen Lernens für das wissenschaftliche Studium. In: Maurer, Christian (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (Tagungsband 2018 der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik). Regensburg, S. 14-24.

Boubakri, Christine / Beese, Melanie / Krabbe, Heiko / Fischer, Hans E. / Roll, Heike (2017): Sprachsensibler Fachunterricht. In: Becker-Mrotzek, Michael / Roth, Hans-Joachim (Hrsg.): Sprachliche Bildung. Grundlagen und Handlungsfelder. Münster: Waxmann, S. 335-350.

Brämer, Rainer (1981): Naturwissenschaft als Kriegspropädeutik. Zur Geschichte der gymnasialen Physikdidaktik im „Dritten Reich“. In: Die Deutsche Schule, 10/1981. Wieder veröffentlicht online: [www.wanderforschung.de/files/phu3reich1267625283.pdf](http://www.wanderforschung.de/files/phu3reich1267625283.pdf) (Download 24.02.2023).

Brockhaus-Artikel „Organ“ (1867). In: Allgemeine deutsche Real-Encyclopädie für die gebildeten Stände. Conversations-Lexikon. Bd. 11, 11. Auflage Leipzig: Brockhaus, S. 109ff.

Bruhn, Jörn (1995): Mathematics Education and Comparative Studies. In: Bos, Wilfried / Lehmann, Rainer H. (Hrsg.): Reflections on Educational Achievement. Papers in Honour of T. Neville Postlethwaite. Münster / New York: Waxmann, S. 69-74.

Brumli, Micha (2004): Ein ruhiges Anschauen des Grauens? Zur Unzulänglichkeit des reformpädagogischen Erfahrungsbegriffs. In: Meseth, Wolfgang / Proske, Matthias / Radtke, Frank-Olaf (Hrsg.): Schule und Nationalsozialismus: Anspruch und Grenzen des Geschichtsunterrichts. Frankfurt a. M. / New York: Campus, S. 189-204.

Buck, Peter / Mackensen, Manfred von (<sup>7</sup>1990): Naturphänomene erlebend verstehen. Über Naturwissenschaftsdidaktik nach Martin Wagenschein und Naturwissenschaftsdidaktik an Waldorfschulen mit mancherlei philosophisch begründeten Zurufen. 7. Auflage. Köln: Aulis-Deubner.

Buck, Peter (2007): Auf dem Weg zu einer phänomenologisch fundierten Naturwissenschaftsdidaktik. In: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Berlin: Lit, S. 266-268.

Buck, Peter (2022): Verstehe genuin, d. h. kommuniziere als Person und nicht aus einer Rolle heraus. In: Müller, Marc / Schumann, Svantje (Hrsg.): Wagenscheins Pädagogik neu reflektiert. Mit Martin Wagenschein Bildungserfahrungen verstehen und unterstützen. Münster: Waxmann, S. 224-228.

Budde, Jürgen (2009): Mathematikunterricht und Geschlecht. Empirische Ergebnisse und pädagogische Ansätze [=Bildungsforschung Bd. 30]. Bonn / Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Download: [www.ph-freiburg.de/fileadmin/dateien/sonstige/gleichstellung/Budde\\_Mathematik\\_Geschlecht.pdf](http://www.ph-freiburg.de/fileadmin/dateien/sonstige/gleichstellung/Budde_Mathematik_Geschlecht.pdf) (Zugriff 08.05.2023).

Bühler, Patrick (2012): Negative Pädagogik. Sokrates und die Geschichte des Lernens. Paderborn / München / Wien / Zürich: Schöningh.

Buhlmann, Rosemarie / Fearn, Anneliese (2000): Handbuch des Fachsprachenunterrichts unter besonderer Berücksichtigung naturwissenschaftlich-technischer Fachsprachen. 6. Auflage Tübingen: Narr.

Combe, Arno / Gebhard, Ulrich (2012): Verstehen im Unterricht. Die Rolle von Phantasie und Erfahrung. Wiesbaden: VS.

Dietrich, Theo (1998): Zeit- und Grundfragen der Pädagogik. Eine Einführung in pädagogisches Denken. 8 Auflage Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

DIW – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (2017): Ursache für Frauenmangel in MINT-Berufen? Mädchen unterschätzen ihre Fähigkeiten im Schulfach Mathematik. Pressemitteilung vom 8. November 2017. Online: [www.diw.de/de/diw\\_01.c.568725.de/themen\\_nachrichten/ursache\\_fuer\\_frauenmangel\\_in\\_mint\\_berufen\\_maedchen\\_unterschaetzen\\_ihre\\_faehigkeiten\\_im\\_schulfach\\_mathematik.html](http://www.diw.de/de/diw_01.c.568725.de/themen_nachrichten/ursache_fuer_frauenmangel_in_mint_berufen_maedchen_unterschaetzen_ihre_faehigkeiten_im_schulfach_mathematik.html) (Zugriff 03.05.2023).

Dörgfeld, Friedrich Wilhelm (1879): Der didaktische Materialismus. Gütersloh: Bertelsmann.

Dürscheid, Christa (2016): Neue Dialoge – alte Konzepte? Die schriftliche Kommunikation via Smartphone. In: Zeitschrift für Germanistische Linguistik 44, Heft 3, 437–468.

Duit, Reinders (2007): Zum Stand der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum. In: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Berlin: Lit, S. 81-121.

Eckert, Werner (2019): Faktencheck: Ökobilanz von Suchmaschinen. [www.swr.de/wissen/20-jahre-google-umweltfacts-zu-suchmaschinen/-/id=253126/did=22378814/nid=253126/d2azhl/index.html](http://www.swr.de/wissen/20-jahre-google-umweltfacts-zu-suchmaschinen/-/id=253126/did=22378814/nid=253126/d2azhl/index.html) (Zugriff 24.08.2022).

Edelstein, Benjamin / Veith, Hermann (2017): Schulgeschichte bis 1945. Von Preußen bis zum Dritten Reich. Bpb. Online: [www.bpb.de/gesellschaft/bildung/zukunftsbildung/229629/schulgeschichte-bis-1945](http://www.bpb.de/gesellschaft/bildung/zukunftsbildung/229629/schulgeschichte-bis-1945) (Zugriff 23.02.2023).

Eichenberger, Astrid (2022): Selber einsehen, wie es kommt – also Verstehen gepaart mit Mut zur Lücke. In: Müller, Marc / Schumann, Svantje (Hrsg.): Wagenscheins Pädagogik neu reflektiert. Mit Martin Wagenschein Bildungserfahrungen verstehen und unterstützen. Münster: Waxmann, S. 229-231.

Engelbrecht, Alexander (2003): Kritik der Pädagogik Martin Wagenscheins. Eine Reflexion seines Beitrages zur Didaktik. Münster: Lit [Diss. Univ. Rostock 2003].

Eyer, Marc (2015): Lehrstückunterricht im Horizont der Kulturgene. Ein Modell für lehrkustdidaktischen Unterricht in den Naturwissenschaften. Wiesbaden: Springer.

Feilke, Helmuth (2012): Bildungssprachliche Kompetenzen – fördern und entwickeln. In: Praxis Deutsch 2012, S. 4-18.

Fischer, Ernst Peter (<sup>7</sup>2002): Die andere Bildung. Was man von den Naturwissenschaften wissen sollte. 7. Auflage Berlin: Ullstein.

Fischler, Helmut / Gebhard, Ulrich / Rehm, Markus (2018): Naturwissenschaftliche Bildung und *Scientific Literacy*. In: Krüger, Dirk / Parchmann, Ilka / Schecker, Horst (Hrsg.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Wiesbaden: Springer, S. 11-30.

Folkerts, Menso / Knobloch, Eberhard / Reich, Karin (Hrsg.) (1989): Maß, Zahl und Gewicht. Mathematik als Schlüssel zu Weltverständnis und Weltbeherrschung [=Ausstellungskataloge der Herzog-August-Bibliothek, Nr. 60].

Frank, Hermann (1930): Beiträge zur Methodik des mathematischen und physikalischen Unterrichts. Bericht über 4 Lehrgänge in Mathematik und Physik zur Durchführung der Schulreform. Frankfurt / M.: Diesterweg.

Fritsche, Immo / Jonas, Eva / Frey, Dieter (2006): Kontrollwahrnehmungen und Kontrollmotivation, in: Bierhoff, Hans-Werner / Frey, Dieter (Hrsg.): Handbuch der Sozialpsychologie und Kommunikationspsychologie, Göttingen u. a.: Hogrefe, S. 85-95.

Galilei, Galileo (1890): Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. (= Auszug S. 120-140 aus Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften) Leipzig: Engelmann. Online: [www.uni-due.de/imperia/md/content/didmath/ag\\_jahnke/galilei.pdf](http://www.uni-due.de/imperia/md/content/didmath/ag_jahnke/galilei.pdf) (Zugriff 23.06.2022). [Original: Discorsi E Dimostrazioni Matematiche intorno à due nuove scienze Attenenti alla Mecanica & i Movimenti Locali. Leiden: Elzevir 1638].

Gantefort, Christoph (2013): ‚Bildungssprache‘ – Merkmale und Fähigkeiten im sprachtheoretischen Kontext. In: Gogolin, Ingrid / Lange, Imke / Michel, Ute / Reich, Hans H. (Hrsg.): Herausforderung Bildungssprache – und wie man sie meistert. Münster u. a.: Waxmann, S. 71-105.

GDCP (1973) – Gesellschaft für Didaktik der Physik und Chemie – (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie – Probleme und Perspektiven – Vorträge auf – der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Königstein/Taunus September 1972. Hannover: Hermann Schroedel.

- Gebhard, Ulrich / Höttecke, Dietmar / Rehm, Markus (2017): Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer.
- Gedaschko, Andreas / Lechte, Mari-Anukka (2008): Sinnerfahrung und -konstruktion im Physikunterricht. In: Koller, Hans-Christoph (Hrsg.): Sinnkonstruktion und Bildungsgang: Zur Bedeutung individueller Sinnzuschreibungen im Kontext schulischer Lehr-Lern-Prozesse. Opladen / Farmington Hills: Barbara Budrich, S. 47-64.
- Gedaschko, Andreas (2015): Sinnkonstruktionen und offenes Experimentieren im Physikunterricht: Eine qualitative Studie. Opladen / Berlin / Toronto: Budrich.
- Gedike, Friedrich (1781): Praktischer Beitrag zur Methodik des öffentlichen Schulunterrichts. Berlin: Mylius.
- Gehrke, Hans-Joachim / Schneider, Helmuth (Hrsg.) (2010): Geschichte der Antike. Ein Studienbuch. 3. Auflage Stuttgart: Klett-Cotta.
- Geiß, Stephan (2013): Bildung durch Naturwissenschaft. Konturen einer genetischen Didaktik der Physik. Paderborn: Schöningh.
- Gerwig, Mario (2015): Beweisen verstehen im Mathematikunterricht. Axiomatik, Pythagoras und Primzahlen als Exempel der Lehrkunst Didaktik. Wiesbaden: Springer.
- Glöckel, Hans (2003): Vom Unterricht: Lehrbuch der allgemeinen Didaktik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Göhlich, Michael / Zirfas, Jörg (2007): Lernen. Ein pädagogischer Grundbegriff. Stuttgart: Kohlhammer.
- Goethe, Johann Wolfgang (1817-1824): Zur Naturwissenschaft überhaupt, besonders zur Morphologie. Erfahrung, Betrachtung, Folgerung, durch Lebensereignisse verbunden. 2 Bde. Stuttgart / Tübingen: Cotta 1817-1824.
- Gogolin, Ingrid / Lange, Imke (2011): Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In: Fürstenau, Sara / Gomolla, Mechthild (Hrsg.): Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit. Wiesbaden: VS, S. 107-127
- Gräber, Wolfgang / Nentwig, Peter (2002): Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In: Gräber, Wolfgang / Nentwig, Peter / Koballa, Thomas/ Evans, Robert (Hrsg.): Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung. Opladen: Leske+Budrich, S. 7-20.
- Greefrath, Gilbert (2018): Anwendungen und Modellieren im Mathematikunterricht. Didaktische Perspektiven zum Sachrechnen in der Sekundarstufe. 2. Auflage Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Grimsehl, Ernst (1909): Lehrbuch der Physik. Leipzig / Berlin: Teubner [mehrere von Herausgebern bearbeitete Auflagen bis 1991].
- Grimsehl, Ernst (1911): Didaktik und Methodik der Physik. München: Beck.
- Haarmann, Dieter: Formen der Lehrplankonzentration im 19. Jahrhundert. Frankfurt a. M.: Universitätsverlag 1971.
- Guski-Leinwand, Susanne / Lück, Helmut E. (2014): Geschichte der Psychologie: Strömungen, Schulen, Entwicklungen, 7. Auflage, Stuttgart: Kohlhammer.

Hahn, Karl (1927): Methodik des physikalischen Unterrichts. Leipzig: Quelle & Meyer. (Handbuch des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts. Bd. II Hrsg. J. Norrenberg). Neuauflagen: 2. Auflage Heidelberg: Quelle & Meyer 1955, gemeinsam mit Erich Töpfer 3. Auflage in zwei Bänden ebd.: 1962/63, 4. Auflage Aufl. 1970.

Hahn, Karl /Töpfer, Erich (1962): Methodik des physikalischen Unterrichts. Heidelberg: Quelle & Meyer.

Heimann, Peter (1962): Didaktik als Theorie und Lehre. In: Die Deutsche Schule Bd. 54, H. 9.

Heitzmann, Anni (2007): Naturwissenschaftsunterricht im Spannungsfeld: Wie steht die Lehrerbildung dazu? In: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Berlin: Lit, S. 68-80.

Heitzmann, Anni (2010): Von der Alltagssprache zur Fachsprache gelangen. In: Labudde, Peter / Metzger, Susanne (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.- 9. Schuljahr. 3. Auflage Bern: Haupt, S. 73-88.

Hentig, Hartmut von, Martin Wagenschein, Laudatio bei der Verleihung des Preises „Initiativen im Bildungswesen“ der Georg-Michael-Pfaff-Gedächtnisstiftung am 30. Mai 1969 [Erstdruck: Neue Sammlung 1969/Heft 4, Seite 316–327]. Zitiert nach Neue Sammlung 2005/Heft 4, S. 531-541.

Hermund, Jost (1991): Grüne Utopien in Deutschland. Geschichte des ökologischen Bewußtseins. Frankfurt a. M.: Fischer.

Hertz, Heinrich (1894): Die Prinzipien der Mechanik. Leipzig: Barth.

Heymann, Hans Werner (1996): Allgemeinbildung und Mathematik. Weinheim: Beltz.

Hischer, Horst (2016): Mathematik – Medien – Bildung. Medialitätsbewusstsein als Bildungsziel. Theorie und Beispiele. Wiesbaden: SpringerSpektrum.

Höttecke, Dietmar / Hopf, Martin (2018): Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In: Schecker, Horst / Wilhelm, Thomas / Hopf, Martin / Duit, Reinders (Hrsg.): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Wiesbaden: SpringerSpektrum, S. 271-288.

Hoffmann, Klaus (1995): J. Robert Oppenheimer: Schöpfer der ersten Atombombe. Berlin / Heidelberg / New York: Springer.

Humboldt, Wilhelm von (1960a): Theorie der Bildung des Menschen. In: Ders.: Werke. Bd. 1: Schriften zur Anthropologie und Geschichte. Hrsg. v. Andreas Flitner / Klaus Giel. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1960, S. 234-240.

Humboldt, Wilhelm von (1960b): Über den Geist der Menschheit. In: Ders.: Werke. Bd. 1: Schriften zur Anthropologie und Geschichte. Hrsg. v. Andreas Flitner / Klaus Giel. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1960, S. 506-515.

Humboldt, Wilhelm von (1960c): Über die Gesetze der Entwicklung der menschlichen Kräfte [1791]. In: Ders.: Werke. Bd. 1: Schriften zur Anthropologie und Geschichte. Hrsg. v. Andreas Flitner / Klaus Giel. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1960, S. 43-55.

Humboldt, Wilhelm von (1964a): Der Königsberger und der Litauische Schulplan. In: Ders.: Werke. Bd. 4: Schriften zur Politik und zum Bildungswesen. Hrsg. v. Andreas Flitner / Klaus Giel. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 168-195,

Humboldt, Wilhelm von (1964b): Ueber die innere und äussere Organisation der höheren wissenschaftlichen Anstalten in Berlin. In: Ders.: Werke. Bd. 4: Schriften zur Politik und zum Bildungswesen. Hrsg. v. Andreas Flitner / Klaus Giel. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 255-266.

Humboldt, Wilhelm von (1964c): Über Prüfungen für das höhere Schulfach. In: Ders.: Werke. Bd. 4: Schriften zur Politik und zum Bildungswesen. Hrsg. v. Andreas Flitner / Klaus Giel. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 241-244.

Hunger, Edgar (1959): Die Bildungsfunktion des Physikunterrichtes. Ein Beitrag zum Problem der Stoffauswahl für höhere Schulen. Braunschweig / Berlin: Vieweg.

Jischa, Michael F. (2004): Studium der Umweltwissenschaften: Ingenieurwissenschaften. Berlin / Heidelberg / New York: Springer.

Kaschuba, Wolfgang (1995): Deutsche Bürgerlichkeit nach 1800. Kultur als symbolische Praxis. In: Kocka, Jürgen (Hrsg.): Bürgertum im 19. Jahrhundert. Band II: Wirtschaftsbürger und Bildungsbürger. Göttingen: V&R 1995, S. 92-127.

Kerschensteiner, Georg (<sup>4</sup>1952): Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichtes. 4. Auflage Leipzig / Berlin: Teubner [1. Aufl. 1914].

Kessel, Katja / Reimann, Sandra (<sup>5</sup>2017): Basiswissen Deutsche Gegenwartssprache: Eine Einführung. Tübingen: Francke.

Keupp, Heiner (2003): Identitätskonstruktion. Vortrag der 5. bundesweiten Fachtagung zur Erlebnispädagogik am 22.09.2003 in Magdeburg. Magdeburg. 22 Sept. 2003. Institut für Praxisforschung und Projektberatung (IPP); online: [https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjJzva\\_l6TSAhWFDpoKHVbJCccQFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ipp-muenchen.de%2Ftexte%2Fidentitaetskonstruktion.pdf&usq=AFQjCNGv3yFbUAQmZCWA-UKkdtARejdyAw&sig2=-6AhO0f5Zsr1TklftbRVTA&cad=rja;](https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjJzva_l6TSAhWFDpoKHVbJCccQFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ipp-muenchen.de%2Ftexte%2Fidentitaetskonstruktion.pdf&usq=AFQjCNGv3yFbUAQmZCWA-UKkdtARejdyAw&sig2=-6AhO0f5Zsr1TklftbRVTA&cad=rja;) (Zugriff 22.11.2022).

Keupp, Heiner / Mosser, Peter / Busch, Bettina / Hackenschmied, Gerhard / Straus, Florian (2019): Die Odenwaldschule als Leuchtturm der Reformpädagogik und als Ort sexualisierter Gewalt. Eine sozialpsychologische Perspektive. Wiesbaden: Springer.

Kimmich, Dorothee (2018): Weltanschauung. In: Rohde, Carsten / Valk, Thorsten / Mayer, Mathias (Hrsg.): Faust-Handbuch. Konstellationen – Diskurse – Medien. Stuttgart: Metzler / Springer, S. 348-356.

Kircher, Ernst (<sup>2</sup>2009): Warum Physikunterricht? In: Kircher, Ernst / Girwidz, Raimund / Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 2. Auflage Berlin / Heidelberg: Springer [1. Aufl. 2007], S. 15-81.

Kircher, Ernst (<sup>2</sup>2009a): Ziele und Kompetenzen im Physikunterricht. In: Kircher, Ernst / Girwidz, Raimund / Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 2. Auflage Berlin / Heidelberg: Springer [1. Aufl. 2007], S. 83-114.

Kircher, Ernst (<sup>2</sup>2009b): Einführung: Was ist Physik. In: Kircher, Ernst / Girwidz, Raimund / Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 2. Auflage Berlin / Heidelberg: Springer [1. Aufl. 2007], S. 3-14.

Kircher, Ernst (<sup>2</sup>2009c): Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In: Kircher, Ernst / Girwidz, Raimund / Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 2. Auflage Berlin / Heidelberg: Springer [1. Aufl. 2007], S. 115-148.

Klafki, Wolfgang (1958): Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In: Die Deutsche Schule Bd. 50, H. 10.

Klafki, Wolfgang (1963): Kategoriale Bildung. Zur bildungstheoretischen Deutung der modernen Didaktik [1959]. In: Ders.: Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim: Beltz, S. 25-45.

Klafki, Wolfgang (1982): Das Bildungsproblem angesichts der modernen Naturwissenschaften, der Technik und der industriellen Produktions- und Arbeitswelt. In: Ders.: Die Pädagogik Theodor Litts. Eine kritische Vergegenwärtigung. Kronberg/Ts.: Scriptor, S. 307-355.

Klafki, Wolfgang (2019): Kritisch-konstruktive Didaktik und Hermeneutik [1995]. In: Ders.: Allgemeine Erziehungswissenschaft. Systematische und historische Abhandlungen. Herausgegeben und eingeleitet von Karl-Heinz Braun, Frauke Stübiger und Heinz Stübiger. Wiesbaden: Springer, S. 85-102.

Klafki, Wolfgang (2019a): Dialektisches Denken in der Pädagogik. In: Ders.: Allgemeine Erziehungswissenschaft. Systematische und historische Abhandlungen. Herausgegeben und eingeleitet von Karl-Heinz Braun, Frauke Stübiger und Heinz Stübiger. Wiesbaden: Springer, S. 37-60.

Klafki, Wolfgang (2019b): Zur Frage nach der Pädagogischen Bedeutung des Sokratischen Gesprächs und neuerer Diskurstheorien. Bemerkungen zur Problemgeschichte und zur sokratischen Gesprächsführung. In: Ders.: Allgemeine Erziehungswissenschaft. Systematische und historische Abhandlungen. Herausgegeben und eingeleitet von Karl-Heinz Braun, Frauke Stübiger und Heinz Stübiger. Wiesbaden: Springer, S. 61-70.

Klappenecker, Gabriele (2007): Offenheit für die Fülle der Erscheinungen. Otto Friedrich Bollnow und seine Bedeutung für eine phänomenologisch orientierte Religionspädagogik. Stuttgart: Kohlhammer.

Kleinschmidt-Schinke, Katrin (2018): Die an die Schüler/-innen gerichtete Sprache (SgS): Studien zur Veränderung der Lehrer/-innensprache von der Grundschule bis zur Oberstufe. Berlin / New York: deGruyter.

Klieme, Eckhard / Avenarius, Hermann / Blum, Werner / Döbrich, Peter / Gruber, Hans / Prenzel, Manfred / Reiss, Kristina / Riquarts, Kurt / Rost, Jürgen / Tenorth, Heinz-Elmar / Vollmer, Helmut J. (2009): Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise (= Bildungsforschung Bd. 1) Bonn: BMBF [Erstdruck 2003]. Download: [www.researchgate.net/publication/281345382\\_Zur\\_Entwicklung\\_nationaler\\_Bildungsstandards\\_Eine\\_Expertise\\_Stand\\_Juni\\_2003](http://www.researchgate.net/publication/281345382_Zur_Entwicklung_nationaler_Bildungsstandards_Eine_Expertise_Stand_Juni_2003) (Zugriff 23.03.2023).

- Köhnlein, Walter (1973): Die Pädagogik Martin Wagenscheins. Diss. Erlangen Nürnberg.
- Köhnlein, Walter (1998): Martin Wagenschein, die Kinder und naturwissenschaftliches Denken. In: Pospiech, Gesche / Köhnlein, Walter (Hrsg.): Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 66-86.
- Köhnlein, Walter (2012): Sachunterricht und Bildung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köhnlein, Walter (2022): Ursprüngliches Verstehen. In: Müller, Marc / Schumann, Svantje (Hrsg.): Wagenscheins Pädagogik neu reflektiert. Mit Martin Wagenschein Bildungserfahrungen verstehen und unterstützen. Münster: Waxmann, S. 248-257.
- Körner, Stefan (1981): Die Entwicklung des Naturschutzes und der Landschaftsplanung nach dem Zweiten Weltkrieg. In: Brüggemeier, Franz-Josef / Engels, Jens Ivo (Hrsg.): Natur- und Umweltschutz nach 1945: Konzepte, Konflikte, Kompetenzen. Frankfurt a. M. / New York: Campus, S. 87-104.
- Kramer, Cornelia (2018): Daten und Bilder zum Leben von Wolfgang Klafki. In: Braun, K.-H. / Stübiger, F. / Stübiger, H. (Hrsg.): Erziehungswissenschaftliche Reflexion und pädagogisch-politisches Engagement. Wolfgang Klafki weiterdenken. Wiesbaden: Springer, S. 15-26
- Krüger, Katja (2000): Erziehung zum funktionalen Denken. Zur Begriffsgeschichte eines didaktischen Prinzips. Berlin: Logos.
- Kuhn, Thomas S. (1967): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Kutschmann, Werner (1999): Naturwissenschaft und Bildung. Der Streit der „Zwei Kulturen“. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Labudde, Peter (<sup>2</sup>2009): Sinnhafte Spiele – ursprüngliches Verstehen. In: Kircher, Ernst / Girwidz, Raimund / Häußler, Peter (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 2. Auflage Berlin / Heidelberg: Springer [1. Aufl. 2007], S. 416-422.
- Lechte, Mari-Anukka (2008): Sinnbezüge, Interesse und Physik: Eine empirische Untersuchung zum Erleben von Physik aus Sicht von Schülerinnen und Schülern. Opladen / Farmington Hills: Budrich.
- Lembens, Anja / Bartosch, Ilse (2012): Genderforschung in der Chemie- und Physikdidaktik. In: Kampshoff, Marita / Wiepcke, Claudia (Hrsg.): Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik. Wiesbaden: SpringerVS, S. 83-97.
- Lenz, Jakob Michael Reinhold (1992): Über Götz von Berlichingen. In: Ders.: Werke. Stuttgart: Reclam (Universal-Bibliothek. 8755), S. 403–407.
- Lepenes, Wolf: Die drei Kulturen. Soziologie zwischen Literatur und Wissenschaft. Frankfurt a. M. 1985.
- Lind, Gunter (1992): Physik im Lehrbuch 1700–1850: Zur Geschichte der Physik und ihrer Didaktik in Deutschland. Berlin u. a.: Springer.
- Litt, Theodor (1952): Naturwissenschaft und Menschenbildung. Heidelberg: Quelle & Meyer.

- Lorenz, Robert (2011): Protest der Physiker. Die ‚Göttinger Erklärung‘ von 1957. Bielefeld: transcript.
- Lundgren, Peter (1979): Natur- und Technikwissenschaften an deutschen Hochschulen 1870-1970. In: Wissenschaft und Gesellschaft: Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879-1979, 1. Bd. Berlin u. a.: Springer 1979, S. 209-230.
- Mach, Ernst (<sup>2</sup>1889): Die Mechanik in ihrer Entwicklung: historisch-kritisch Dargestellt. Leipzig: Brockhaus.
- Mach, Ernst (<sup>3</sup>1903a): Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken [Rede gehalten 1883]. In: Ders.: Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 3. Auflage Leipzig: Barth [deutscher Erstdruck 1986; zuvor engl. Übersetzung 1895], S. 243-262.
- Mach, Ernst (<sup>3</sup>1903b): Über den relativen Bildungswert der philologischen und mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer der höheren Schulen [Vortrag 1886]. In: Ders.: Populär-wissenschaftliche Vorlesungen. 3. Auflage Leipzig: Barth [deutscher Erstdruck 1986; zuvor engl. Übersetzung 1895], S. 309-350.
- Messner, Rudolf (1998): Wagenscheins Genetisches Lehren am Beispiel von Lessings Fabeln. In: Pospiech, Gesche / Köhnlein, Walter (Hrsg.): Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 130-144.
- Mieck, Ilja (1981): Umweltschutz in Preußen zur Zeit der Frühindustrialisierung. In: Büsch, Otto / Neugebauer, Wolfgang (Hrsg.): Moderne Preussische Geschichte 1648 - 1947: Eine Anthologie. Berlin / New York: deGruyter, S. 1141-1167.
- Möller, Kornelia (<sup>2</sup>2013): Lernen von Naturwissenschaften heißt: Konzepte verändern. In: Labude, Peter / Metzger, Susanne (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.- 9. Schuljahr. 2. Auflage Bern: Haupt, S. 57-75.
- Mohr, Hans (2008): Einführung in (natur-)wissenschaftliches Denken. Berlin / Heidelberg: Springer.
- Mollenhauer, Klaus (1983): Vergessene Zusammenhänge. Über Kultur und Erziehung. München: Juventa.
- Muckenfuß, Heinz (1995): Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemässen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen.
- Müller, Marc / Schumann, Svantje (2022): Was entstand aus der Auseinandersetzung mit den Gedanken Wagenscheins? In: Dies. (Hrsg.): Wagenscheins Pädagogik neu reflektiert. Mit Martin Wagenschein Bildungserfahrungen verstehen und unterstützen. Münster: Waxmann, S. 177-211.
- Müller-Rommel, Ferdinand (2001): Einführung in die sozialwissenschaftliche Umweltforschung. In: Ders. (Hrsg.): Studium der Umweltwissenschaften. Sozialwissenschaften. Berlin / Heidelberg: Springer, S. 1-20.
- Nelson, Leonard (1931): Die sokratische Methode. Vortrag, gehalten am 11. Dezember 1922 in der Pädagogischen Gesellschaft in Göttingen. 3. Auflage Göttingen: Verlag Öffentliches Leben.

- Nerdel, Claudia (2017): Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule. Wiesbaden: Springer.
- Neuland, Eva (2008): Jugendsprache. Eine Einführung. Tübingen / Basel: Narr, Francke, Attempto.
- Neumann, Knut / Borowski, Andreas (2011): Monoedukativer Physikunterricht. In: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Berlin: Lit, S. 123-126.
- Niermann, Anne (2017): Professionswissen von Lehrerinnen und Lehrern des Mathematik- und Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Oehler, Johanna (2016): „Abroad at Göttingen“. Britische Studenten an der Universität Göttingen als Akteure des Kultur- und Wissenstransfers 1735-1806. Göttingen: Wallstein.
- Offe, Hans (1917): Didaktischer Materialismus und didaktischer Formalismus. In: Vierteljahrsschrift für philosophische Pädagogik H. 3, S. 225-229.
- Percy, Charles (1987): Die zwei Kulturen. In: Helmut Kreuzer (Hrsg.): Die zwei Kulturen. Literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz. C. P. Snows These in der Diskussion. München: DTV, S. 11-26.
- Petersen, Marc-André / Stahlberg, Dagmar / Frey, Dieter (2006): Selbstwertgefühl. In: Bierhoff, Hans-Werner & Frey, Dieter (Hrsg.): Handbuch der Sozialpsychologie und Kommunikationspsychologie, Göttingen u. a.: Hogrefe, S. 40-48.
- Pineker-Fischer, Anna (2015): Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Umgang von Lehrpersonen in soziokulturell heterogenen Klassen mit Bildungssprache. Wiesbaden: Springer (= Diss. Universität Bielefeld).
- Plappert, Dieter (2017): Entwicklungsgestufte Umgang mit Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht nach Martin Wagenschein. Online: [www.plappert-freiburg.de/index.php/home/zur-vertiefung/12-entwicklungsgestufte-umgang-mit-sprache-im-naturwissenschaftlichen-unterricht-nach-martin-wagenschein](http://www.plappert-freiburg.de/index.php/home/zur-vertiefung/12-entwicklungsgestufte-umgang-mit-sprache-im-naturwissenschaftlichen-unterricht-nach-martin-wagenschein) (Zugriff 12.08.2022).
- Poppe, Erik / Longmuß Jörg (2019): Begriff und Theorie der geplanten Obsoleszenz. In: Dies. (Hrsg.): Geplante Obsoleszenz. Hinter den Kulissen der Produktentwicklung. Bielefeld: transcript, S. 17-36.
- Rabe, Thorid (2019): Identitätsaushandlungen zu Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher (Grund)Bildung? In: Maurer, Christian (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (Tagungsband 2018 der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik). Regensburg, S. 25-39.
- Radkau, Joachim (2011): Die Ära der Ökologie: Eine Weltgeschichte. München: Beck.

Raithel, Jürgen / Dollinger, Bernd / Hörmann, Georg (<sup>3</sup>2009): Einführung Pädagogik: Begriffe – Strömungen – Klassiker – Fachrichtungen. 3. Auflage Wiesbaden: SpringerVS.

Rascher, Raimund (1987): Die Erlebnisdimension der Physik. Eine Analyse ihrer Entwicklungsstruktur als Grundlage des Lernens von Physik. Wiesbaden: DUV.

Ratke, Wolfgang (1613): Kurtzer Bericht von der Didactica oder Lehrkunst. Jena: Rauchmaul.

Redeker, Bruno (2022): ...dass die Mühen und Arbeiten Wagenscheins einen noch nicht wirklich gehobenen Schatz bergen. In: Müller, Marc / Schumann, Svantje (Hrsg.): Wagenscheins Pädagogik neu reflektiert. Mit Martin Wagenschein Bildungserfahrungen verstehen und unterstützen. Münster: Waxmann, S. 264f.

Rehm, Markus (2010): Lern-Sinn, Erfahrungslernen und Verstehen. Modellierung einer Kompetenz des naturwissenschaftlichen Verstehens. In: Höttecke, Dietmar (Hrsg.): Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Dresden 2009. Berlin: Lit, S. 21-35.

Reiss, Kristina / Ufer, Stefan (<sup>4</sup>2018): Fachdidaktik und Bildungsforschung. In: Tippelt, Rudolf / Schmidt-Hertha, Bernhard (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. 4. Auflage Wiesbaden: SpringerVS, S. 249-268.

Renn, Joachim / Straub, Jürgen (2002): Transitorische Identität. Der Prozesscharakter moderner personaler Selbstverhältnisse. In: Straub, Jürgen (Hrsg.): Transitorische Identität: der Prozesscharakter des modernen Selbst. Frankfurt/M.: Campus, S. 10-31.

Riebling, Linda (2013): Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität. Münster u. a.: Waxmann.

Rieger-Ladich, Markus (2014): Pädagogik als kritische Theorie? Intellektuelle Stellungskämpfe nach 1945. In: Fatke, Reinhard / Oelkers, Jürgen (Hrsg.): Das Selbstverständnis der Erziehungswissenschaft: Geschichte und Gegenwart. Weinheim u.a.: Beltz Juventa (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 60), S. 66-84.

Roßa, Anne-Elisabeth (2013): Zum Verhältnis von Allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik in der Lehrerbildung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Roth, Jürgen (2005): Bewegliches Denken im Mathematikunterricht. Hildesheim / Berlin: Franzbecker (= Diss. Univ. Würzburg).

Rumpf, Horst (1998): Kostbares Befremden. Über die anfängliche Nachdenklichkeit bei Wagenschein. In: Pospiech, Gesche / Köhnlein, Walter (Hrsg.): Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 22-36.

Rumpf, Horst (2004): Von der Belehrung zur Aufmerksamkeit? Zur Leistungsfähigkeit des Schulfachs Geschichte. In: Meseth, Wolfgang / Proske, Matthias / Radtke, Frank-Olaf (Hrsg.): Schule und Nationalsozialismus: Anspruch und Grenzen des Geschichtsunterrichts. Frankfurt a. M. / New York: Campus, S. 147-157.

Sarris, Viktor (2019): Max Wertheimer: Produktives Denken. Berlin: SpringerNature.

- Schlicht, Tobias / Smortchkova, Joulia (2018): Einleitung. In: Dies. (Hrsg.): Mentale Repräsentationen: Grundlagentexte. Berlin: Suhrkamp, S. 9-43.
- Schmidt, Hans-Jürgen (1981): Fachdidaktische Grundlagen des Chemieunterrichts. Braunschweig: Vieweg.
- Schmidlin, Regula / Feilke, Helmuth (2005): Literale Textentwicklung. Untersuchungen zum Erwerb von Textkompetenzen. Frankfurt/M.: Lang.
- Schmitz, Thomas A. (2012): Die Klassische Philologie als Wanderer zwischen den Welten. Conermann, Stephan (Hrsg.): Was ist Kulturwissenschaft? Zehn Antworten aus den ‚Kleinen Fächern‘. Bielefeld: transcript, S. 255-272.
- Schwank, Inge (2003): Einführung in prädikatives und funktionales Denken. In: ZDM, Bd. 35, H. 3, S. 70–78.
- Schwanitz, Dietrich (1999): Bildung. Alles was man wissen muss. Frankfurt a. M.: Eichborn.
- Schwitalski, Ellen (2015): „Werde, die du bist“. Pionierinnen der Reformpädagogik. Die Odenwaldschule im Kaiserreich und in der Weimarer Republik. Bielefeld: transcript.
- Sheehan, Jonathan / Wahrman, Dror (2015): Invisible Hands. Self-Organization and the Eighteenth Century. Chicago / London: University of Chicago Press.
- Sigmund, Karl (2018): Sie nannten sich Der Wiener Kreis. Exaktes Denken am Rand des Untergangs. 2. Auflage Wiesbaden: Springer.
- Spiegelhauer, Henning Jens (2017): Bedeutung und Förderung funktionalen Denkens im Kontext des Unterrichts aus mathemathikhistorischer, fachdidaktischer und unterrichtspraktischer Perspektive. Diss. Universität Halle-Wittenberg.
- Stalman, Franziska (1991): Die Schule macht die Mädchen dumm. München / Zürich: Piper.
- Stichweh, Rudolf (1984): Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen: Physik in Deutschland, 1740-1890. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Stock, Stephanie (2017): Gebildet: Eine Studie zum Bildungsdiskurs am Beispiel der Kanondebatte von 1995-2015. Wiesbaden: SpringerVS.
- Strunz, Kurt (1963): Vorwort. In: Ders. (Hrsg.): Pädagogisch-psychologische Praxis an höheren Schulen. München: Ernst Reinhard, S. 7-10.
- Strunz, Kurt (1963a): Exemplarisches (paradigmatisches) Lehren. In: Ders. (Hrsg.): Pädagogisch-psychologische Praxis an höheren Schulen. München: Ernst Reinhard, S. 60-63.
- Teichmann, Jürgen (2003): Bildungsverständnis/Bildungsarbeit in einem technisch-naturwissenschaftlichen Museum. In: Pitton, Anja (Hrsg.): Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie. Münster / Hamburg / London 2003, S. 13-22.
- Tenorth, Heinz-Elmar (2011): „Bildung“ – ein Thema im Dissens der Disziplinen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 14, S. 351–362.
- Tenorth, Heinz-Elmar (2012): Mythos Humboldt. In: Behrmann, Carolin (Hrsg.): Intuition und Institution. Berlin: Akademie 2012, S. 69-82.

Theilmann, Florian (2011): Die Kunst der Untersuchung. Essays zu einem erscheinungsorientierten Physikunterricht. Potsdam: Publikationsserver der Universität Potsdam: URL <http://opus.kobv.de/ubp/volltexte/2011/5614/> (Zugriff 08.06.2022).

Thiel, Siegfried (1998): Phänomen und Aspekt. Martin Wagenschein und der romantische Blick auf das Kind. In: Pospiech, Gesche / Köhnlein, Walter (Hrsg.): Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 58-65.

Timmerhaus, Winfried (2001): Fachdidaktik als konstitutives Element universitärer Lehrerbildung. Bestandsaufnahmen, Analysen und Konzeptionen aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive. Marburg: Tectum.

Thürmann, Eike (2012): Lernen durch Schreiben? Thesen zur Unterstützung sprachlicher Risikogruppen im Sachfachunterricht. In: dieS-online Nr. 1/2012. [http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8668/pdf/DieS\\_online-2012-1.pdf](http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8668/pdf/DieS_online-2012-1.pdf) (Zugriff 13.07.2022).

Tobies, Renate (2008): Mädchen und Jungen in Mathematik und Naturwissenschaften. Diskussion aktueller Forschungsergebnisse. In: Buchmayr, Maria (Hrsg.): Geschlecht lernen. Gendersensible Didaktik und Pädagogik. Innsbruck, Wien, Bozen: StudienVerlag, S. 137–147.

Tübinger Resolution. Abgedruckt in: Strunz, Kurt (Hrsg.): Pädagogisch-psychologische Praxis an höheren Schulen. München: Ernst Reinhard, S. 205 [Erstdruck: Die Pädagogische Provinz, 1951, H. 12, S. 623-628].

Urhahne, Detlef (2002): Motivation und Verstehen. Studien zum computergestützten Lernen in den Naturwissenschaften. Münster u. a.: Waxmann.

Velthaus, Gerhard (2002): Bildung als ästhetische Erziehung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Verrecchia, Anacleto (1988): Georg Christoph Lichtenberg. Der Ketzler des deutschen Geistes. Köln: Böhlau.

Wagner, Franc (2014): Zur Situierung sprachbasierter Medienkompetenz von Kindern und Jugendlichen. In: Ders. / Kleinberger, Ulla (Hrsg.): Sprachbasierte Medienkompetenz von Kindern und Jugendlichen. Bern u. a.: Lang, 9-24.

Wehler, Hans-Ulrich (2003): Deutsche Gesellschaftsgeschichte. Band 4: 1919-1949. 2. Auflage München: Beck.

Willer, Jörg (2003): Didaktik des Physikunterrichts. Frankfurt/M.: Harri Deutsch.

Zedler, Johann Heinrich (1740): Grosses vollständiges Universal-Lexikon aller Wissenschaften und Künste, welche bißhero durch menschlichen Verstand und Witz erfunden und verbessert worden [...]. Leipzig / Halle: Zedler. Artikel „Natur-Lehre, Natur-Kunde, Natur-Wissenschaft, Physick, Physica, Philosophia naturalis“, Bd. 23 (N-Net), Sp. 1147ff. Online: Exemplar der Bayerischen Staatsbibliothek München: [www.zedler-lexikon.de/index.html?c=blaettern&zedlerseite=ze230591&bandnummer=23&view=100&seitenzahl=0591&dateiformat=1&view=150&supplement=0](http://www.zedler-lexikon.de/index.html?c=blaettern&zedlerseite=ze230591&bandnummer=23&view=100&seitenzahl=0591&dateiformat=1&view=150&supplement=0) (Zugriff 12.05.2023).