

SONDERDRUCK

Dieter Plappert

Wagenschein aktuell – die Freiburger Forschungsräume

Marc Müller,
Svantje Schumann (Hrsg.)

Wagenscheins Pädagogik neu reflektiert

Mit Martin Wagenschein
Bildungserfahrungen verstehen
und unterstützen

*Gespräche zum Sachunterricht,
Band 2, 2022, 574 Seiten, br., 49,90 €,
ISBN 978-3-8309-4503-1
E-Book: Open Access
doi.org/10.31244/9783830995036*



WAXMANN

Steinfurter Str. 555
48159 Münster

Fon 02 51 – 2 65 04-0
Fax 02 51 – 2 65 04-26

info@waxmann.com
www.waxmann.com

Mehr zum Buch:
[waxmann.com/buch4503](https://www.waxmann.com/buch4503)

Wagenschein aktuell – die Freiburger Forschungsräume¹

1 Hinführung

»Am Ende ihrer Schulzeit atmen die meisten Schüler*innen auf und rufen den Fächern Mathe und Physik sogar hinterher: Damit will ich nie mehr etwas zu tun haben.« So unverzüglich und beleidigt sei ihr Abschied von diesen Fächern, sagt Andreas Schleicher, Erfinder und internationaler Koordinator der Pisa-Studien.²

Physik und Chemie gehören weltweit zu den unbeliebtesten Fächern. Vom Unterricht in diesen Fächern bleibt oft, wie obiges Zitat zeigt, die schmerzvoll erlebte Erinnerung des Nichtkönnens, des Nichtverstehens. Diese wirkt wie eine Barriere für lebenslanges Lernen. Die Ursachen scheinen vielschichtig, wie etwa Gottfried Merz (2008) in seiner Studie »Naturwissenschaften, Mathematik und Technik – immer unbeliebter« analysiert.

Aus der Arbeit der *Freiburger Forschungsräume*³ ist, inspiriert durch Martin Wagenschein, durch eine Art *Praxisforschung* durch Erzieher*innen, Lehrer*innen, Seminarleiter*innen, Mitarbeiter*innen außerschulischer Lernorte in den vergangenen zehn Jahren eine Unterrichtsdidaktik und eine Haltung des Unterrichtens erstanden, die selbst in der gymnasialen Kursstufe so umgesetzt werden kann, dass sich alle Schüler*innen unabhängig von ihren formalen kognitiven Möglichkeiten angesprochen fühlen und »mitgenommen« werden können.

In einer ersten Phase wird versucht, die Schüler*innen zunächst *innerlich zu berühren*, um ihr »episodisches Gedächtnis« anzusprechen. In den darauffolgenden Phasen werden die Erlebnisse und Beobachtungen *sachlich beschrieben, naturwissenschaftlich verstanden* und durch *selbstständiges Nacherkennen bzw. Nacharbeiten* zunehmend *tief innerlich verwurzelt, gleichsam »verdaut«*. Wird dieser methodisch-didaktische Weg grafisch dargestellt, entsteht die Form eines n, deshalb nennen wir ihn den »n-Prozess« (siehe Abb. 1).

Grundgedanken der Freiburger Forschungsräume sind eingeflossen in die didaktischen Prinzipien des Fachs BNT (Biologie, Naturphänomene und Technik) des Bildungsplans in Baden-Württemberg sowie in das MNU-Projekt »Gemeinsamer Referenzrahmen Naturwissenschaft (GeRRN)« (Eisner et al., 2019).

In diesem Artikel wollen wir zunächst zeigen, wie die ersten Stufen des n-Prozesses aus den Anregungen Martin Wagenscheins heraus entstanden sind. Inspirationen

1 Vortrag veröffentlicht unter https://youtu.be/eN3xZl_n2oo sowie auf der Seite der Wagenschein-Tagung 2021 unter <https://www.fhnw.ch/plattformen/wagenschein-tagung/beitrage-und-key-notes/> (26.08.2021).

2 <http://www.adz-netzwerk.de/> (26.08.2021).

3 Vgl. auch den Internetauftritt der *Freiburger Forschungsräume* auf den Seiten der Stadt Freiburg i. Br.: <http://www.freiburg.de/pb/Lde/627238.html>



Abbildung 1: Der n-Prozess – Grundlage der Freiburger Forschungsraumdidaktik

aus der Arbeit von John Hattie schließen den Bogen. Mit der Unterrichtseinheit »Von der Schüttellampe zu den elektromagnetischen Wellen« konkretisieren wir den Ansatz.

2 Anregungen Martin Wagenscheins

Das Werk Martin Wagenscheins ist vielschichtig. Für die Entwicklung der Freiburger Forschungsräume waren sie grundlegend, um didaktisch-methodische Prinzipien für eine dialogisch-forschende Haltung des Lehrens und Lernens zu entwickeln. Zentrale Gedanken Martin Wagenscheins aus seiner *Pädagogischen Dimension der Physik*, die uns dabei befruchtend geholfen haben, sollen hier angeführt werden. Uns ging es dabei nicht nur um die Inhalte der Aussagen, sondern besonders auch um die Haltung, die zwischen den Zeilen erlebbar wird.

- »Es [das Kind] bringt nicht ein beschränktes Bild der Natur, es bringt im Gegenteil ein anderes und reicheres mit, als das naturwissenschaftliche ist, zu dem *wir* es beschränken.« (Wagenschein, 1995: 60)
- »Die Unversehrtheit des heutigen Menschen ruht wesentlich darauf, ob hier ein Übergang in Stetigkeit und Frieden geschieht. Gelingt dies, so retten wir die *Ehrfurcht*, und wenn das naturwissenschaftliche Verfahren schließlich als solches bewusst wird, gewinnen die Lernenden *Urteilkraft*.« (Wagenschein, 1995: 61)
- »»Nach und nach« sagt Faraday, habe er sich von diesem magischen Naturbild befreit. Aber wenn wir genau hinsehen, bemerken wir, dass wir uns niemals ganz befreien: Die Entwicklung darf nicht stockwerkhaf gedacht werden, so als ob in einem gewissen Alter, die eine Phase endete und eine neue begänne. Die magische Schicht bricht nicht ab, sie zieht sich nur zurück und lebt »innen« weiter. Die späteren Phasen setzen sich nicht als Stufen obenauf [vgl. Abb. 2a], sondern als Schichten außen an [vgl. Abb. 2b].« (Wagenschein, 1995: 62)

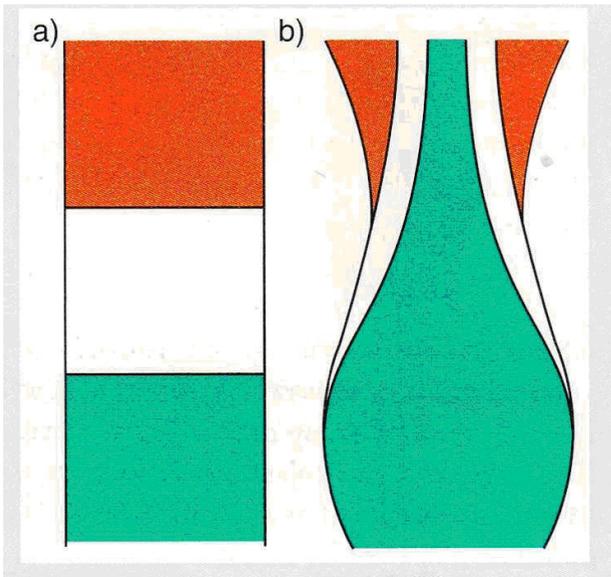


Abbildung 2: Phasen und Schichten des Erkennens gemäß Wagenscheins *Pädagogischer Dimension der Physik* (Wagenschein, 1995: 62)

- »Wahrscheinlich wird niemand auf den Gedanken kommen, die magische Phase einzusparen. Denn selbst, wenn wir es könnten, dürfen wir es nicht wollen: »Der eigentümliche Reichtum der Frühstufen darf nicht völlig verloren gehen, gerade deshalb, weil in ihnen etwas für die reife Stufe Unentbehrliches sich ausbildet, das als Fundament erhalten bleiben muss; andernfalls verkümmern Kräfte, deren auch die reife Kultur noch bedarf. [...]« (Wagenschein, 1995: 67)
- »Wird auch kaum jemand die magisch-animistische Phase ernstlich überspringen wollen, ein anderer Gedanke liegt uns nicht so fern. Man könnte sagen: gut, unvermeidlich. Aber vorbei ist dann schließlich einmal vorbei. Und dann beginnt Physik! Nach dem 12. Jahr, gewiss, aber im Physik-Unterricht der Höheren Schule geht uns das nun alles wirklich nichts mehr an. Wir sind kein Kindergarten mehr. [...] ja wir brauchten all das, was bisher in diesem Kapitel betrachtet wurde, nicht zu wissen. Es ist überwunden. Es hat seine Bedeutung nur für Ausnahmefälle: für rückfällige oder zurückgebliebene Schüler. Für das normale Kind würde diese Rücksicht eine Verzärtelung, Verwöhnung, Verzögerung bedeuten.« (Wagenschein, 1995: 67)
- »Wenn wir die äußere Schicht stärken wollen, so müssen wir zuerst die innere anreden und anregen. Was außen anwachsen soll, müssen wir von innen herauswachsen lassen. Das magische Denken bleibt also weiterhin eine schöpferische Potenz, von der her wir die äußeren Schalen des geistigen Wachstums aufbauen können.« (Wagenschein, 1995: 68)
- »Auch diese Fachsprache ist nur dann echt gelernt, wenn sie aus der vorigen Phase II hervorgegangen ist. Kriterium: Was in Phase III gesagt werden kann, muss erst recht in Phase II gesagt werden können.« (Wagenschein, 1995: 134)

- »In Phase II wird schon präzise, aber noch ›aus der Sprache‹ gesprochen, in Phase III wird ›mit‹ der Sprache gesprochen.« (Wagenschein, 1995: 134)
- »Nie darf die Schule dahin kommen, nur ›mit‹ der Sprache sprechen zu lassen. Zu III führt also nur der Weg I-II-III.« (Wagenschein, 1995: 134)
- »Das eigentliche Ziel in allen allgemeinbildenden Schulen ist Phase II. Phase III wird in der Volksschule fehlen dürfen.« (Wagenschein, 1995: 134)
- »Der Abiturient dagegen sollte III kennen. Nicht zuletzt in dem Sinne, dass er die Fachsprache durchschauen kann als eine normierte Präzisierung und Fortführung dessen, was man auch (Phase II) in einfacher Weise sagen kann.« (Wagenschein, 1995: 134)
- »Wir müssen uns die *Jahresringe* der Bäume zum Vorbild nehmen, sonst kommen wir dahin, wie bei *Litfaßsäulen* zu verfahren, die man eine Zeitlang überklebt, bis dann das Aufgetragene bei der Abschlussprüfung wieder ›abgenommen‹ wird. Das Verständnis der äußeren, hier: der physikalischen, Schalen ist vom magischen Kern aus aufzubauen. Erst zuletzt, beim ›Formulieren‹ in der Fachsprache, bewegen wir uns in der äußeren Schicht allein.« (Wagenschein, 1995: 68)

3 Die ersten drei Stufen des n-Prozesses

Aus den oben genannten Anregungen Martin Wagenscheins haben wir die folgende Stufenfolge herausdestilliert (vgl. Abb. 3).

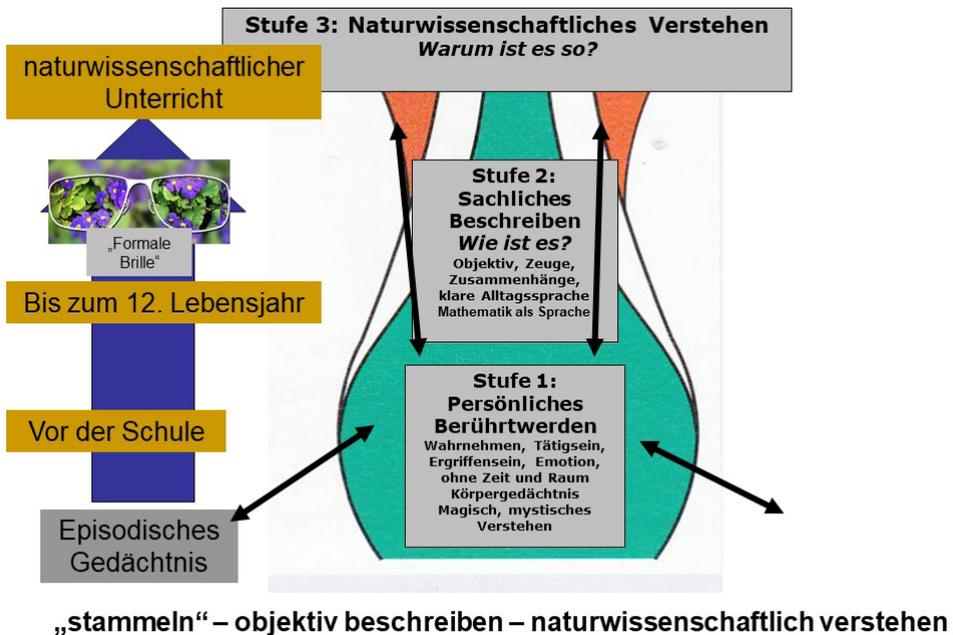


Abbildung 3: Wie Zwiebelschalen – der Prozess der drei Phasen des Erkennens nach Martin Wagenschein

3.1 Stufe 1: Persönliches Berührtwerden (bis ins Grundschulalter)

Die Kinder versuchen das, was sie sinnlich selbst erlebt haben, mit eigenen Worten zu erfassen. Dabei sprechen die Kinder im Wechsel, zögernd, tastend, suchend. Ihre Worte dienen nicht dem genauen Beschreiben, sie unterstützen vielmehr ihre suchende Bewegung. Auch das Schweigen findet dabei seinen Platz. In diesen Prozess des Denkens darf der Erwachsene nicht mit Erklärungen oder gar Belehrungen eingreifen, dies würde den Denkprozess stören. »Nichts tötet die Sprache so sehr wie das in-flagranti-Korrigieren eines Kindes, das, weil es denkt, in den ehrwürdigen Stand des Stammelns eingetreten ist. Der Lehrer, sofern er in dieser Phase überhaupt etwas sagt, auch er rede nicht in ›wohlgebauten‹ Sätzen und nicht entfernt in der Fachsprache, er rede überhaupt nicht als ein Berichtiger, sondern als ein Mitdenkender: natürlich, anthropomorph, bildhaft; keineswegs kindisch, sondern so wie er mit sich selber redet, wenn er allein ist.« (Wagenschein, 1995: 131)

Durch das persönliche Suchen und Verbalisieren des Verstehens, das oft einen »stammelnden« Eindruck macht, können die Lernenden das neu Erlebte mit ihrem episodischen Gedächtnis verbinden, das das Erlebte oft lebenslanglich verfügbar hält. Für den naturwissenschaftlich bzw. technisch gebildeten Lehrenden ist es oft erstaunlich, welchen »Zauber« die unvoreingenommenen Lernenden in diesen Alltagsgegenständen finden können: *Wie kann es denn sein, dass ein elektrischer Strom, der den Anker des Motors überhaupt nicht berührt, diesen doch zum Drehen bringt?* Dieser Zauber ist ein Grundmotiv, das in dem folgenden Zitat Albert Einsteins (2004: 12) durchscheint: »Das Schönste, was wir erleben können, ist das Geheimnisvolle. Es ist das Grundgefühl, das an der Wiege von wahrer Wissenschaft und Kunst steht. Wer es nicht kennt und sich nicht mehr wundern, nicht mehr staunen kann, der ist sozusagen tot und sein Auge ist erloschen.« Ernst Peter Fischer (2014) beschreibt, warum wir uns auch als Erwachsene die Neugier und das Staunen bewahren müssen, um dieses »Gefühl für das Geheimnisvolle« zu bewahren, um in einen lebendigen Kontakt mit den tieferen naturwissenschaftlichen Fragen zu kommen.

Kurz könnte man auch sagen: In dieser ersten Stufe des n-Prozesses kommt das »innere Kind« des Lernenden in Berührung mit dem im Unterricht Behandelten und bleibt als Quelle der Begeisterung und des Zaubers lebenslang verfügbar.

Auf dieser Stufe geht es somit nicht um das exakte, korrekte Ausformulieren. Wenn Kinder von einer Sache gefangen sind, bringt das Denken darüber die richtigen Worte hervor – ggfs. im gemeinsamen Ringen darum. »Will man aber die Sprache polieren, so lang sie noch fließt, so spaltet man die Aufmerksamkeit von der Sache ab und züchtet leere Worte.« (Wagenschein, 1995: 132)

3.2 Stufe 2: Sachliches Beschreiben (Sekundarstufe 1)

Nach Wagenschein ist 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, noch nicht um die Fachsprache.

3.3 Stufe 3: Naturwissenschaftliches Verstehen (Sekundarstufe 2)

Erst jetzt wird die Fachsprache eingeführt. »In ihr erstarrt die lebendige Sprache, wird steril, aber bezeichnet präzise (kulturell) Vereinbartes.« (Wagenschein, 1995: 133)

Die Altersangaben sind nur grobe Hinweise, die individuelle Entwicklung des Kindes kann ganz unterschiedlich verlaufen. Jedoch wird mir durch jahrzehntelange Beobachtung und Reflexion von Physikunterricht immer klarer, dass eine wirkliche Verwurzelung der physikalischen Begriffe und Konzepte eine gewisse kognitive Reife benötigt. Eine Verfrühung, wie sie häufig durch Traditionen, durch Bildungspläne entsteht, führt oft zu »leeren Worthülsen«, die brav in Klassenarbeiten »apportiert« werden. Im Unterricht wird dann unverhältnismäßig viel Zeit aufgewendet, ohne dass der Lernende eine wirklich stabile Begriffsbildung erreicht. Oft hätte diese – ein oder zwei Jahre später, wenn die kognitiven Möglichkeiten der Lernenden zugenommen haben – in kürzester Zeit erreicht werden können. So gesehen, führt die »formale« Verfrühung nicht nur zu verlorener Lernzeit, die sinnvoller genutzt werden könnte, um z. B. die vielfältigen Gesetzmäßigkeiten in Natur und Technik selbst erleben zu können, sondern oft auch zu traumatischen Erlebnissen.

Die drei »Stufen« beschreiben Möglichkeiten, die den Heranwachsenden erst nacheinander zur Verfügung stehen und beschreiben, auf welche Weise Lernprozesse in jeweiligen Alterssituationen angelegt sein sollten.

Auch wenn die 3. Stufe, die Stufe des »naturwissenschaftlichen Begreifens und Verstehens«, für einen Jugendlichen bzw. einen Erwachsenen möglich ist, sollen zuvor immer die beiden anderen Stufen durchlaufen worden sein, um eine »innerliche Verwurzelung« zu erreichen. In der gymnasialen Schulpraxis werden die ersten beiden Stufen oft übersprungen, weil sie *nur Zeit kosten* bzw. weil die Lernenden zu alt erscheinen. In der Unterrichtspraxis kann jedoch deutlich erlebt werden, wie durch die 1. Stufe »des Innerlich Berührtwerdens« das Neue der äußeren Welt sich beim Lernenden mit dem Inneren emotional verbindet, körperlich festzuwachsen scheint. Diese Stufe ist besonders wirkungsvoll, wenn Sinnvolles getan wird, wenn »Hand« und »Herz« und »Kopf« sich miteinander verbinden, bevor das Erlebte immer klarer und objektiver beschrieben (Stufe 2) und anschließend mit dem »naturwissenschaftlichen Denken« durchleuchtet (Stufe 3) wird. Durch dieses »wurzelschlagende Lernen« stehen die von außen aufgenommenen naturwissenschaftlichen Inhalte einem lebenslangen Lernen nicht im Weg.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass »Handlungswissen«, das meist intuitiv erlernt und implizit angewendet wird, ohne dass es explizit gedanklich durchdrungen ist, in gewissem Sinn immer auf der 1. Stufe verbleibt, wie etwa traditionelles kulturelles Wissen. Solches Wissen ist oft viel umfangreicher und tiefgründiger als das naturwissenschaftliche explizite Wissen, welches sich mit dem rational Verstehbaren begnügen muss. Andererseits gibt es natürlich auch traditionelle Erfahrungsbereiche anderer

Kulturen, die auf einer höheren Stufe mit für uns nur schwer nachvollziehbaren eigenen nicht-naturwissenschaftlichen Konzepten begrifflich gefasst werden, wie etwa die traditionelle chinesische Medizin.

Dieser gestufte Bildungsprozess gibt jedem Lernenden die Möglichkeit, in den Lerngegenstand auf individuelle Weise einzudringen. Diese Stufung wurde Grundlage der Konzeption des Gemeinsamen Referenzrahmens Naturwissenschaft, einer Initiative des Bundesverbands der MINT-Unterrichts (GeRRN):

»Die Lernenden sollen nach ihren persönlichen kognitiven Möglichkeiten und Interessen mehr oder weniger weit zu naturwissenschaftlichen Begriffen und Konzepten geführt werden, sodass sie sie schrittweise in ihr persönliches Begriffsnetz einbetten können und damit die Chance erhalten, von einer Oberflächen- zu einer Tiefenstruktur des Wissens, d.h. zu einem tiefen Verständnis der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zu gelangen. Auf diese Weise werden dann auch die emotional-psychologischen Aspekte berücksichtigt, die die affektiven Haltungen und Überzeugungen der Lernenden beeinflussen. So trägt man der Erkenntnis Rechnung, dass die Freude bei der Beschäftigung mit einem Lerngegenstand sich sowohl auf die Wertschätzung des Themas als auch auf den Wissenszuwachs und die Bereitschaft auswirkt, sich zukünftig mit dem Aspekt näher zu beschäftigen. Von dieser Art des Unterrichtens erwarten wir eine Niveausteigerung, die zu einer besseren naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung führt, aber auch die besonders Begabten und Interessierten noch stärker fördert.« (Eisner et al., 2019)

3.4 Ästhetische Bildung – 1. Stufe ist Ausgangspunkt

Das Wort Ästhetik geht auf den altgriechischen Begriff »aisthetikos« d.h. »sinnlich-wahrnehmend« zurück. Ästhetik als Aisthesis richtet die Aufmerksamkeit auf die Bildung des Wahrnehmungsvermögens, der Schulung der Eindrucks- und Ausdrucksfähigkeit sowie der Gefühls- und Urteilsbildung. Aspekte des Körpers/Leibs, der Gefühle und Empfindungen, der Sinnlichkeit spielen eine tragende Rolle (Stufe 1). Das Fließen der Zeit scheint zum Stillstand gekommen zu sein. Es geht nicht darum, etwas zu erreichen. Es geht nur um das Erleben selbst. Ein Zustand, den wir vom Spiel der Kinder her kennen (Jüdt, 2013). Ein Zustand, den Goethes Faust ersehnt:

»Werd ich zum Augenblicke sagen: Verweile doch! Du bist so schön!
Dann magst du mich in Fesseln schlagen, dann will ich gern zugrunde gehn! [...]
Die Uhr mag stehn, der Zeiger fallen, es sei die Zeit für mich vorbei!«
(Faust I, Studierzimmer II, V. 1699 ff.)

Ästhetische Bildung versteht Bildung nicht in erster Linie als Wissensaneignung (wie Stufe 3), bei der das Denken der Wahrnehmung übergeordnet ist. Besonders beim offenen Einlassen, beim hingebungsvollen Wahrnehmen der Phänomene, kann der Beobachter in einen »ästhetischen Zustand« kommen. Das Phänomen erfüllt dann sein ganzes Bewusstsein. Und danach können je nach Intention der Situation die nachfol-

genden Stufen hinzukommen, wobei bei Stufe 3, der Stufe des Verstehens und Begreifens, auch nichtnaturwissenschaftliche Begriffssysteme reizvoll sein können.

3.5 Die 3. Stufe bedarf bestimmter kognitiver Voraussetzungen!

Kinder verfügen über denselben *Forschergeist* wie erwachsene Forscherinnen und Forscher. Beim Verstehen, beim gedanklichen Verarbeiten, ist der Unterschied jedoch enorm. Abbildung 4 fasst Ergebnisse zusammen, die Gottfried Merzlyn (2008) aus verschiedenen nationalen und internationalen Untersuchungen zu den »Piaget’schen Kategorien« gewonnen hat. Erstaunlich ist, dass in allen Schulstufen der weiterführenden Schulen die meisten Schüler*innen nicht die »formal-operationale Phase« erreicht haben. Auch in einer 12. Klasse haben nur wenige die formal-operationale Stufe erreicht. Erst hier scheint sich langsam das »formale Denken« vom »konkret Erlebten« zu lösen. Diese Stufe ist jedoch Voraussetzung zur 3. Stufe, zum selbstständigen und freien Umgang mit naturwissenschaftlichen Konzepten und Gesetzmäßigkeiten.

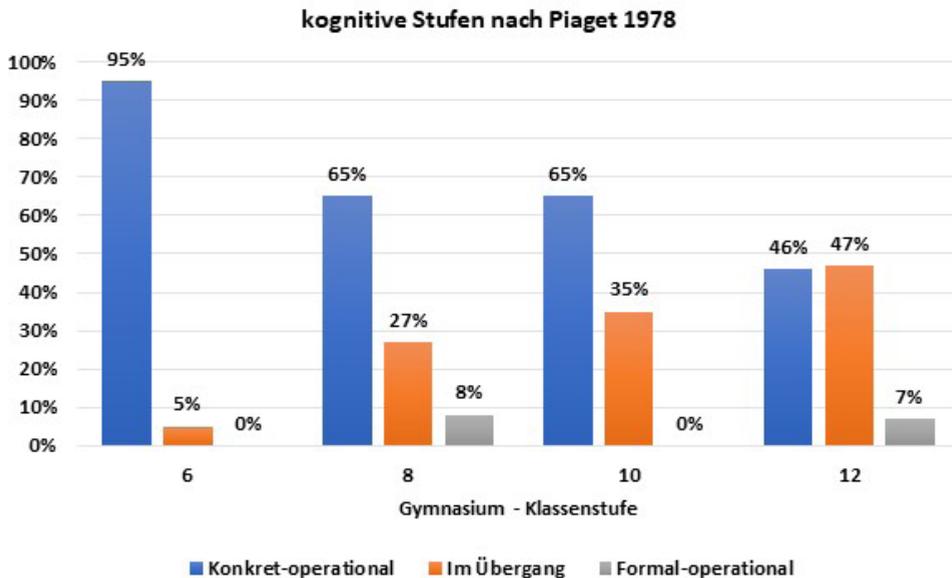


Abbildung 4: Kognitive Stufen nach Piaget (nach Merzlyn, 2008: 85)

John Hattie’s (2014) Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Diagnose der »kognitiven Stufen nach Piaget« für den Unterrichtserfolg mit der zweitgrößten Effektstärke eine herausragende Stellung hat. Zudem scheinen Untersuchungen nahe zu legen, dass die Lernenden heute im Gegensatz zu den zitierten Untersuchungen aus dem Jahre 1978 noch später in die formal-operationale Phase einzutreten scheinen (Hattie, 2014: 43). Verschärft wird dieser Effekt zusätzlich dadurch, dass heute die Schüler*innen durch frühere Einschulung und Verkürzung der Schulzeit auf 8 Jahre in der jeweiligen Klassenstufe bis zu zwei Jahre jünger sind als zur Zeit der Untersuchung.

Durch diese Untersuchungsergebnisse beginnt man zu verstehen, warum trotz des vielfachen Übens formaler Inhalte im Unterricht bei vielen Schüler*innen oft keinerlei Spuren zurückbleiben. Trotz didaktisch aufwendig und geschickt angelegter Interventionen scheinen viele Schüler*innen »blind« für das Formale im Konkreten zu sein – sie erkennen im Konkreten immer nur das Konkrete, auch wenn es im geschickt didaktisch aufgebauten Unterricht nur »Sinnbild« des Formalen sein soll.

Haben die Lernenden die formal-operationale Stufe nicht erreicht, ergeben die wissenschaftlichen Begriffe und Konzepte für sie keinen Sinn. Sie können sie im besten Fall bei genügendem Training ohne tieferes Verständnis nur »mechanisch« anwenden.

Findet der Unterricht der Sekundarstufe nur oder fast nur auf der formalen Ebene statt, kann man die innere Not vieler Lernenden verstehen, die nicht begreifen können, was im Unterricht geschieht. Ein Weg für sie ist, in eine Art innere Migration zu entweichen. Oft bleiben »naturwissenschaftliche Traumata« zurück, wie das folgende Zitat untermauert:

»Die schwersten Frustrationen entstehen natürlich dann, wenn aus der Umwelt Forderungen an das Kind gerichtet werden, denen es im gegenwärtigen Entwicklungsstadium nicht genügen kann, zum Beispiel wenn es zu einer Zeit, wo es erst konkret denken kann, in abstrakten Begriffen angesprochen wird. Dabei kann sich ein Gefühl, vollkommen blöd zu sein, entwickeln, und in einem solchen Falle wird sein Lebensdrehbuch die Überkompensation der Allwissenheit vorsehen müssen.« (Perls, Hefferline & Goodman, 1993: 7)

Der Übergang zur 3. Stufe lässt sich vermutlich nur sehr eingeschränkt durch äußere Maßnahmen beschleunigen. Er scheint oft durch einen Reifungsprozess verursacht zu sein. Ich selbst konnte einen solchen Prozess »am eigenen Leib« erfahren: in meiner Schulzeit hätte ich vermutlich als »Legastheniker« eingestuft werden können. Dies war jedoch vor 50 Jahren nicht üblich. Die Nachhilfe in Rechtschreibung hatte bei mir nicht den gewünschten Erfolg. Ich lernte zwar, dass nach der damals gültigen Regel das Wort »Sauerstoffflasche« im Gegensatz zum Wort »Schiffahrt« mit drei f geschrieben wurde. Das half mir im Alltag wenig, da der Regel entsprechende Wörter selten vorkamen. Mein Rechtschreibproblem war auch in den Fremdsprachen eine große, notenrelevante Belastung. Ohne mein bewusstes Zutun war dieser »Defekt« jedoch im Alter von etwa 28 Jahren spurlos verschwunden. Auch das laute Vorlesen war kein Problem mehr. Meine neue Fähigkeit schien mit erheblicher Verzögerung unmerklich gereift zu sein. Plötzlich konnte ich auch die Tiefe der Inhalte verstehen, die Themen meines Deutschunterrichts gewesen waren – ich war »sinn-sehend« geworden.

Bei vielen Lernenden scheinen die mentalen Möglichkeiten in ihrer Schulzeit zum Teil sehr spezifisch noch nicht ausgereift zu sein, um das Formale erkennen zu können.

Dies berücksichtigen wir im naturwissenschaftlichen Unterricht nach den Ideen Martin Wagenscheins: Erfolgt der Unterricht in allen drei zuvor beschriebenen Stufen, so werden alle Lernenden ihren kognitiven Möglichkeit entsprechend etwas Sinngebendes finden, auf Stufe 1 den emotionalen Bezug, das innerlich Berührtwerden, auf Stufe 2 zusätzlich die sachlich beschriebene Klarheit und das sachkundige Umgehen

mit den Gegenständen oder auf Stufe 3 zusätzlich die dargebotene naturwissenschaftliche begriffliche Beschreibung in unterschiedlicher Tiefe. Ein solcher Unterricht wirkt von sich heraus binnendifferenzierend-individualisierend.

Lernende, die während der ganzen Schulzeit auf Stufe 2 verbleiben, lernen im technisch-naturwissenschaftlichen Unterricht vielfältigere Phänomenbereiche und Gesetzmäßigkeiten kennen. Außerdem lernen sie Elemente der Fachsprache (3. Stufe) benutzen. Die Schärfe der Begriffe werden sie nur teilweise erkennen können. Für sie wird die Wissenschaft selbst nicht direkt erlebbar. Für sie ist der naturwissenschaftliche Unterricht eine Art »Wissenschaftskunde«, in der sie zentrale allgemeinbildende Grundlagen erwerben können, um in der heutigen Gesellschaft selbstbestimmt leben zu können. Dies sollte den Schüler*innen gegenüber gebührend wertgeschätzt werden!

4 Von der Oberflächenstruktur des Wissens zum persönlichen Verstehen

Damit das durch die drei bisher beschriebenen Unterrichtsschritte Erworbene tiefer im persönlichen Gedächtnis des Lernenden verankert werden kann, schlägt Hattie (2014) weitere drei Stufen vor, die wir wie folgt bezeichnen: »Oberflächenstruktur des Wissens«, »Tiefenstruktur des Wissens« und »persönliches Verstehen«. Mit den ersten drei von Wagenschein inspirierten Stufen verbunden, ergibt sich so der »n-Prozess«.



Abbildung 5: Der n-Prozess, Grundlage der Freiburger Forschungsraumdidaktik

Diese »Hattie’schen Stufen« sollen zunächst am Beispiel des Elektromotors erläutert werden, das Hannah Rößler, Seminar für Didaktik und Lehrerbildung (Gymnasien) Freiburg, entwickelt hat:

Stellen wir uns vor, die physikalische Erklärung des Elektromotors wurde auf der dritten Stufe mit den Schüler*innen erarbeitet. Im Anschluss daran werden die Lernenden aufgefordert, ohne weitere Anleitung aus vorgegebenen Materialien (u. a. Kupferdraht, Magnet) einen Elektromotor zu bauen. Bei diesem »Nacherfinden« haben die meisten Schüler*innen zunächst erhebliche Probleme. Diese können sie jedoch im Laufe der Zeit selbstständig lösen, indem sie immer wieder auf die dritte »Verständnisstufe« zurückgehen. Durch dieses Zurückgehen und schrittweise »Neuerfinden des Elektromotors« entstehen oft erst die eigentlichen, persönlichen tieferen Verständnisfragen, die dann, wenn es am Ende gelingt, den »selbst erfundenen und selbstgebauten« Motor zum Drehen zu bringen, zu einem persönlichen Verständnis und gleichzeitig zu einer tiefen innerlichen Befriedigung führen. Die Stufen 4 bis 6 führen zu einem persönlichen Aneignen des Wissens, zu einer Art »Verdauung«.

Der n-Prozess löst den Gegensatz von »Vom Wissen zum Handeln« und »Vom Handeln zum Wissen« auf. In den ersten drei Stufen kann »das Handeln zum Wissen« und in den danach folgenden Stufen »das Wissen zum Handeln« führen. Gerade die letzten Stufen sind in der heutigen Welt, in der es so viel Wissen gibt, das nicht angewendet wird, von zentraler Bedeutung. Die Lernenden sollen zunehmend im Handeln, beim »Tätigsein in der Welt«, ihr erworbenes Wissen erweitern, vertiefen, verändern, um durch vielleicht ungeahnte Resultate, mit neu auftretenden Fragen, wieder eine neue Schleife des n-Prozesses, im Sinne einer lebenslangen Praxisforschung, zu beginnen. Dabei ist das Lernen am Leben, in der Verbindung mit der Natur und an wirklichen Fragen besonders fruchtbar.

Es würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, auf die *forschend-dialogische Freiburger Forschungsraum Haltung* einzugehen, die als zweites zentrales Element wesentliche Anregungen Martin Wagenscheins aufgegriffen hat (Wagenschein, 1999). Dies soll Gegenstand eines Folgeartikels sein.

5 Die Funktionsweise einer Schüttellampe

In der hier beschriebenen Unterrichtseinheit einer gymnasialen Kursstufe (Plappert, 2016) wird zunächst die Funktionsweise einer Schütteltaschenlampe (vgl. Abb. 6) mit Hilfe des n-Prozesses erarbeitet. Dabei können die Schüler*innen alle für einen elektromagnetischen Schwingkreis notwendigen Bauteile und physikalischen Konzepte kennenlernen, die dann in einem weiterführenden Unterricht zum physikalischen Verständnis von elektromagnetischen Wellen führen können.

Stufe 1: Persönliches Berührtwerden

Die Schüler*innen arbeiten in Dreierteams. Jedes Team erhält eine durchsichtige, aufschraubbare Schüttellampe⁴ und die folgenden Arbeitsaufträge:

- Lies die Gebrauchsanleitung der Taschenlampe durch.
- Nimm die Lampe in Betrieb und beobachte, was im Inneren der Lampe geschieht.

4 Gemeint mit einer *aufschraubbaren Schütteltaschenlampe* ist bspw. die Shaking Torch M von Technoline (erhältlich u. a. im Versandhandel für unter € 15).

- Schraube die Taschenlampe auseinander. Bitte genau auf die Reihenfolge achten, damit sie am Ende wieder ordnungsgemäß zusammengebaut werden kann.
- Beschreibe kurz deine erste Idee, wie die Taschenlampe funktionieren könnte.

Bemerkung: Die Lernenden erleben den Zauber, dass sich »Schütteln« in »Licht« verwandelt.

Stufe 2: Sachliches Beschreiben

- Betrachte den Aufbau der Lampe und versuche die wesentlichen Bauteile der Lampe mit Hilfe der nebenstehenden Darstellung zu identifizieren.
- Beschreibe nun deine Idee zur Funktionsweise der Lampe unter Benutzung der genannten Fachbegriffe.
- Welche Fragen hast du zur Funktionsweise? Wie könnten diese durch weitere Experimente gelöst werden?
- Beschreibe, wie in einem Experiment eine Schüttellampe nachgebaut werden könnte.

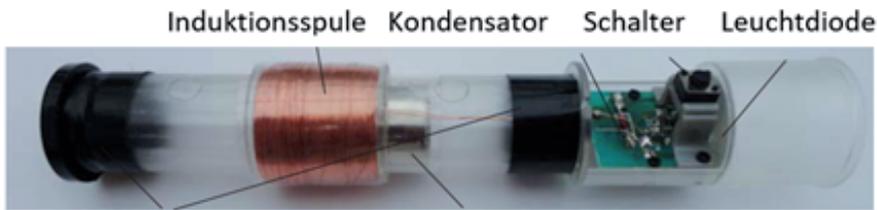


Abbildung 6: Die Schüttellampe

Stufe 3: Einzelne Schritte zum physikalischen Verständnis⁵

Der Prozess des *physikalischen Verstehens* kann im Folgenden nur angedeutet werden.

Der Kondensator als Energiespeicher

Materialien:

- 1 Lampe mit Fassung (3,5 V/0,2 A)
- 1 Flachbatterie
- 1 Kondensator
- 6 Krokokabel
- 1 Schalter
- 1 Multimeter

Auftrag:

- Schließe Kondensator, Lampe, Schalter und Batterie in Reihe. Beachte hierbei die Polung. Lade den Kondensator. Warum erlischt nach einiger Zeit die Lampe?

⁵ Eine physikalisch anspruchsvollere Unterrichtseinheit zur Erforschung der Schütteltaschenlampe samt Materialliste ist zu finden unter: <https://primas.ph-freiburg.de/materialien/nationale-materialsammlung/physik/206-schuettellampe.html> (08.09.20231).

- Entferne bei geladenem Kondensator die Batterie und verbinde die Kabel so, dass sich der Kondensator »entlädt«.
- Lies den Text im Infokasten.

Infokasten: Kondensator (Elektrotechnik)

Ein Kondensator (von lateinisch *condensare* ‚verdichten‘) ist ein passives elektrisches Bauelement mit der Fähigkeit, elektrische Ladung und damit zusammenhängend Energie zu speichern. Die Fähigkeit, Ladung zu speichern, wird als elektrische **Kapazität C** bezeichnet und in der Einheit **Farad (F)** gemessen. Die technische Ausführung von Kondensatoren besteht aus zwei elektrisch leitenden Flächen, in meist geringem Abstand, den Elektroden. Diese sind elektrisch nicht miteinander verbunden. Dazwischen befindet sich der isolierende Bereich, ein Dielektrikum. Bei den meisten Bauformen werden die Elektroden und das Dielektrikum aufgerollt oder als Stapel angeordnet.

Kondensatoren werden in vielen elektrischen Anlagen und in nahezu jedem elektronischen Gerät eingesetzt. Sie realisieren beispielsweise elektrische Energiespeicher, Blindwiderstände oder frequenzabhängige Widerstände; spezielle Bauformen werden als Sensor verwendet.

- Stelle weitere Experimente an, um die Funktionsweise des Kondensators zu erforschen.
- Beschreibe anschaulich, wie ein Kondensator funktioniert, beim Laden und Entladen. Verwende dabei die Begriffe: Energie und elektrische Ladung.
- Erfinde eine »Wasseranalogie« des Kondensators.

Elektromagnetische Induktion

Materialien:

- Spulen mit 500 und 1000 Windungen
- Weiße LED
- 2 Krokokabel
- Magnete
- Plastikrohr⁶

Auftrag:

Zunächst bitte die Sicherheitsinformationen lesen: ACHTUNG: Die Magnete⁷ sind extrem stark, beim Auseinanderziehen können sie zusammenschnappen und die Haut einklemmen – Verletzungsgefahr. Die Magnete sind zerbrechlich und können beim Herunterfallen zerstört werden.

- Forscherfrage: Unter welchen Bedingungen leuchtet die LED möglichst hell, d. h. in der physikalischen Fachsprache ausgedrückt: Unter welchen Bedingungen *wird eine möglichst hohe elektrische Spannung in der Spule induziert?* Formuliere einen Ergebnissatz!

6 Bspw. Acrylglas Rohre 20/16, ca. 245 mm lang von Opitex (<https://www.opitex.de> unter der Rubrik Technisches Zubehör).

7 Bspw. Neodym-Magnete in Scheibenform (15 x 6 mm) von Opitex (<https://www.opitex.de> unter der Rubrik Technisches Zubehör).



Abbildung 7: Experimentieren mit der Schüttellampe im Rahmen der Freiburger Forschungsräume

6 Von der Oberflächenstruktur des Wissens zum persönlichen Verstehen

Nachdem nun die zum Verständnis der Funktionsweise notwendigen Grundlagen geschaffen sind, können die Lernenden aufgefordert werden, mithilfe vorgegebener Materialien eine eigene Schüttellampe zu bauen (Abb. 7 und 8). Je nach Intention können hier vorgefertigte Spulen oder nur Draht und Spulenkörper vorgegeben werden.⁸ Ein zentrales Problem beim Nacherfinden ist, dass sich die Richtung des elektrischen Stroms je nach Bewegungsrichtung ändert. Damit der Kondensator trotzdem durch das Schütteln geladen wird, muss eine Art »Gleichrichtung« erfolgen. Diese kann entweder durch eine Diode, eine Diodenschaltung oder einen Gleichrichter als Bauteil erfolgen. Sinnvoll ist es, dass die Lernenden beim Experimentieren die Messung der elektrischen Spannung des Kondensators als »Anzeige des Ladungszustandes« verwenden.

Bemerkung: In Zusammenhang mit der hier beschriebenen Einheit können sinnvoller Weise die Begriffe elektrisches und magnetisches Feld, Feldstärken E und B , Energiespeicherung in den Feldern, Induktion und Selbstinduktion qualitativ und quantitativ sowie vielfältige Anwendungen im Alltag behandelt werden. Kennzeichnend für diesen Unterrichtsgang ist, dass die physikalischen Konzepte bei den Lernenden in Selbsterfahrenes eingebettet werden können und falls das den Lernenden wegen

⁸ Vgl. auch die Darstellung unter <https://primas.ph-freiburg.de/materialien/nationale-materialsammlung/physik/206-schuettellampe.html> (08.09.2021).

fehlender formaler kognitiver Möglichkeiten nicht gelingt, sie durch eigenes Tun die Funktionsweise der Schütteltaschenlampe und damit die Phänomene der Induktion und Energiespeicherung im Kondensator erleben konnten.

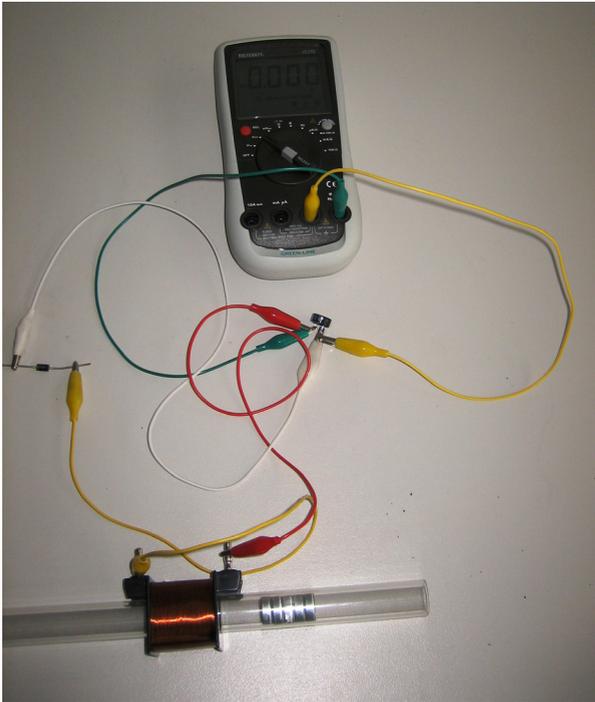


Abbildung 8: Der Aufbau einer der Schüler*innen-Experimente

7 »Von der Schütteltaschenlampe zu den elektromagnetischen Wellen«

Nachdem nun die physikalischen Grundlagen zum Verständnis eines elektromagnetischen Schwingkreises bekannt sind, kann mit den Schüler*innen zusammen das Verständnis eines elektromagnetischen Schwingkreises und der elektromagnetischen Welle erarbeitet werden. Dies darzustellen würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Ausführlich dargestellt ist das in Plappert (2016).⁹

8 Abschließende Bemerkungen

Die hier skizzierte Unterrichtseinheit, die die Grundgedanken des von Martin Wagenschein inspirierten n-Prozesses verdeutlichen soll, wurde von Lehrenden an verschiedenen Schularten durchgeführt, auch an schulartübergreifenden Gemeinschaftsschulen. Immer wieder war bemerkenswert, dass durch die konsequente Einbeziehung der

⁹ Siehe auch unter: www.plappert-freiburg.de

ersten Stufe des *innerlichen Berührtwerdens* viele der Lernenden während der ganzen Unterrichtseinheit am Ball bleiben konnten, auch wenn es für sie manche Durststrecken des formalen Nichtverstehens zu überwinden galt. Der folgende Eintrag aus dem Lerntagebuch einer Schülerin kann dies nachvollziehbar werden lassen. Der Lernbucheintrag ist auch ein Hinweis darauf, dass gerade ästhetisch ansprechende Phänomene sich für die erste Stufe eines n-Prozesses besonders eignen.

»Heute haben wir den Abschlusstest geschrieben. Obschon ich gestern nicht anwesend war, fühlte ich mich gut vorbereitet und bereit. Ich hatte insgesamt, während dem Test, ein sehr gutes Gefühl. Besonders nett war, dass wir vor dem Test noch zwei Versuche durchführten. Das lockerte die etwas verkrampte Stimmung deutlich auf. Nach dem Test beschäftigten wir uns erneut mit dem Versuch. Das hat mir großen Spaß gemacht und das Feuer des Entdeckers loderte leuchtend hell in mir. Zwar konnten wir nicht aufklären, warum und wieso sich dieses Lichterspiel in der Vakuumröhre abspielte, aber es war in jedem Fall schön anzusehen und darauf kommt es bei einem Versuch doch auch an! Wirklich faszinierend war für mich die Entdeckung, dass man Strom mittels eines Magneten formen bzw. bewegen kann. Ich kann mir sehr gut vorstellen, wie sich die Forscher, welche dieses Phänomen entdeckten, über ihre Entdeckung freuten. Wie viel technische Entwicklungen sich wohl auf diese Entdeckung berufen können? Mein Fazit des Tages: Gutes Gefühl während dem Test gehabt und schönen Versuch durchgeführt und Entdeckerlust in mir erweckt. So soll das sein!«

Literatur

- Einstein, A. (2001). *Mein Weltbild*, 27. Aufl. Berlin.
- Eisner, B., Kattmann, U., Kremer, M., Langlet, J., Plappert, D. (2019). *Gemeinsamer Referenzrahmen für Naturwissenschaften (GeRRN): Mindeststandards für die auf Naturwissenschaften bezogene Bildung. Ein Vorschlag*. (3. Auflage). https://www.mnu.de/images/publikationen/GeRRN/MNU_GeRRN_3.pdf (08.09.2021)
- Fischer, E. P. (2014). *Die Verzauberung der Welt – eine andere Geschichte der Naturwissenschaft*. München: Siedler.
- Hattie, J. (2014). *Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen*. Hohengehren: Schneider.
- Jüdt, N. (2013). *Bildung ist ästhetisch: Schüler und ihre Lernprozesse wahrnehmen. Kontakt und Kommunikation gestalten*. Hohengehren: Schneider.
- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter?* Baltmannsweiler: Schneider.
- Perls, F. S., Hefferline, R. F. & Goodman, P. (1993). *Gestalttherapie*. München: Klett Cotta
- Plappert, D. (2014). *Naturkundliche und naturwissenschaftliche Bildung*, Heft NW 4. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung.
- Plappert, D. (2016). Unterricht der innerlich berührt. *PdN Physik in der Schule*, 65(6), 40–45.
- Wagenschein, M. (1995). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Aachen-Hahn: Hahner.
- Wagenschein, M. (1999). *Verstehen lernen*. Weinheim, Basel: Beltz.