Zeitschrift: Schweizer Monatshefte : Zeitschrift für Politik, Wirtschaft, Kultur
Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Monatshefte
Band: 73 (1993)
Heft: 9

Artikel: Kristalle des Verstehens : ein genetischer Weg zur Physik, dargestellt an der Pädagogik Martin Wagenscheins
Autor: Stettler, Peter
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-165188

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Peter Stettler

Kristalle des Verstehens

Ein genetischer Weg zur Physik, dargestellt an der Pädagogik Martin Wagenscheins[1]

Der grösste Fehler, den man bei der Erziehung zu begehen pflegt, ist dieser, dass man die Jugend nicht zum eigenen Nachdenken gewöhnet.
(Lessing[2])

Verstehen – ein Anachronismus?

Der Pädagoge und Humanist *Martin Wagenschein* forderte das Verstehen als Menschenrecht (UVeD[3] II, S. 175), aber: Welcher Stellenwert hat *Verstehen* bei jungen Menschen, welche das Gymnasium nur deshalb besuchen, um das Konsumgut «Matura» zu erwerben oder weil sie «sonst nicht wissen, was sie tun sollen» (Aussage einer Mutter)? Was hilft das *Verstehen* den jungen Menschen von heute, die haargenau wissen, dass man einen Computer, einen Synthesizer, eine Video-Kamera oder ein Auto souverän bedienen kann, ohne das Geringste von den physikalischen Grundlagen dieser Geräte verstehen zu müssen? Im Gegenteil: Wer während einer Mathematik- oder Naturwissenschafts-Prüfung über die Zusammenhänge nachdenkt, wird vermutlich weniger erfolgreich abschneiden, als der ehrgeizige Macher, der rezeptartig, möglichst automatisch und vor allem schnell zu den geforderten Lösungen kommt. Verstehen braucht Zeit.

Wer Medizin studieren will, muss im ersten Propädeutikum eine vielgefürchtete Prüfung über Physik ablegen. Aber ist das Durchbüffeln von zwei umfangreichen Vorlesungsmanuskripten, gespickt mit Differentialgleichungen und Vektorgeometrie, wirklich sachlich erforderlich, um eine gute Ärztin oder ein guter Arzt zu werden? Fragen Sie doch einmal Ihren Arzt oder Ihre Ärztin, wieviel physikalisches *Verständnis* in der täglichen Praxis wirklich gebraucht wird – ein Vertrauenstest! Zweifellos haben das Ablesen eines Blutdruckmessers oder eines Strahlendosimeters mit Physik zu tun. Ohne Zweifel lassen sich gewisse Gelenk- und Muskelfunktionen mit dem Hebelgesetz erklären, aber in einem ähnlichen Sinn wie das Schleudern eines Autos mit der Trägheit und der Gleitreibung. Wird man durch solches Verständnis ein besserer Autofahrer?

Was also hat physikalisches *Verstehen* mit Menschenbildung zu tun?

Hohe Schule des Verstehens

Über das naturwissenschaftliche Verstehen schreibt *Werner Heisenberg:*

> *«Wir müssen in der Naturwissenschaft versuchen, in der unendlichen Fülle verschiedenartiger Erscheinungen der uns umgebenden Welt gewisse Ordnung zu erkennen, diese verschiedenartigen Erscheinungen also dadurch zu verstehen, dass wir sie auf einfache Prinzipien zurückführen.»* (*Heisenberg,* S. 164)

Diese *einfachen Prinzipien* nennt man Trägheit, Gravitation, Elektromagnetismus oder auch die Erhaltungssätze von Masse, Energie, elektrischer Ladung usw. Der Traum der modernen Physik ist es, alle Naturerscheinungen auf ein einziges Grundprinzip zurückzuführen: *Einstein* suchte nach der einheitlichen Feldtheorie, Heisenberg nach der «Weltformel», und manche Elementarteilchen-Physiker glauben, dass die *«Grand Unified Theory»* (GUT) das ganze Universum beschreiben könne.

In seinem Buch *Die Pädagogische Dimension der Physik* hat Martin Wagenschein den Vorgang des Verstehens mit dem Keimen und dem Wachsen eines Kristalls verglichen (PdP, S. 206 ff.). Heisenbergs *einfache Prinzipien* sind zwar *logisch* einfach, aber schon «Hohe Schule» des Verstehens, *Grosskristalle* in Wagenscheins Sprache. Wir Pädagogen dagegen haben es mit Anfängern zu tun, wir müssen die Kristalle erst einmal zum Keimen bringen. Zunächst sollte klar sein, was überhaupt verstanden werden soll.

Einzelkristalle des Verstehens

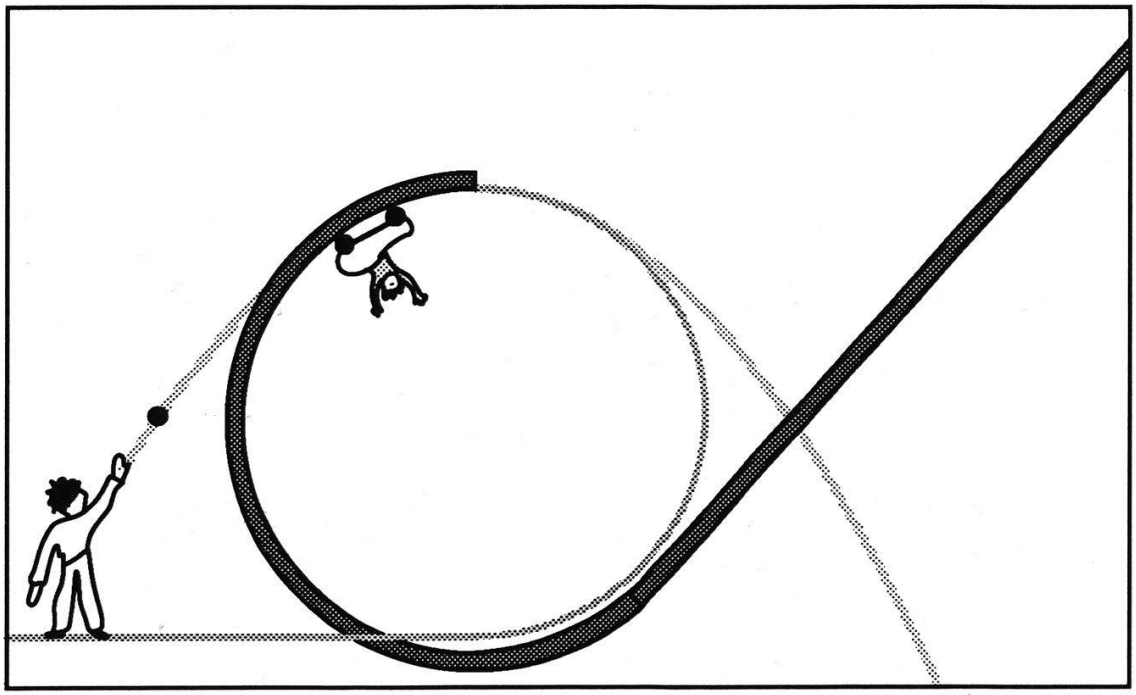
> *«Verstehen gelingt nur, wo etwas zu verstehen ist. Wo also vom Lehrer ein möglichst ungekünsteltes, unpräpariertes und unzerstückeltes Phänomen exponiert wird, das danach ‹schreit›, verstanden zu werden; indem es erstaunlich ist, das heisst: die gewohnte feste Ordnung durchbricht.»* (Npsv, S. 138 und UVeD I, S. 165)

Wagenschein bezeichnet das Staunen über das Ungewohnte als Urakt aller Naturforschung. Aus ihm gehen die Elementarakte des Verstehenwollens hervor (PdP, S. 207). Ein Beispiel: Warum fliesst das Wasser nicht aus, wenn wir einen Eimer vertikal rund herum schleudern? Warum sieht man auf den Jahrmärkten in der «Todesschleife» den Wagen oben durchsausen und in ihm die Leute mit den Köpfen nach unten, ohne dass diese Leute herausfallen? Wagenschein warnt sogleich vor eilfertigen Scheinkenntnissen:

«Zu hören, das sei die ‹Zentrifugalkraft›, das erhellt keinen klaren Kopf. So wenig, wie er etwas davon hat, wenn man ihn darüber belehrt, der Stein falle wegen der ‹Anziehungskraft der Erde›. Das sind nur Worte, und wir verdummen ihn, wenn wir ihn glauben machen, diese Sprachregelung bedeute ‹Verstehen›.» (PdP, S. 207)

Offene Fragen brauchen Zeit. Wenn die Schüler dann nicht von selbst weiterkommen, so können weitere Fragen helfen, etwa:

«Wie ginge es denn weiter mit dem Wagen, wenn die Schiene oben in der höchsten Stelle aufhörte?» (PdP, S. 208)

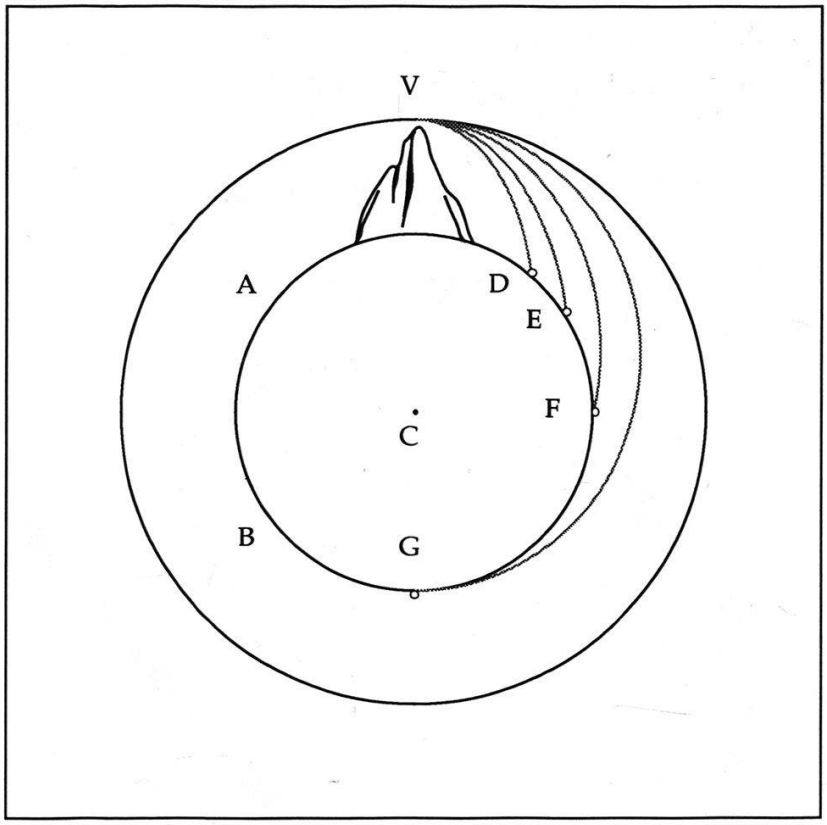


An solchen Stellen pflegte Wagenschein lange zu schweigen und zu warten. *«Schweigen zu lernen ist eine hohe Kunst»* (PdP, S. 126). Und nur als Begleittext für Pädagogen erklärt er:

«Wir haben nun das ganze Jahrmarktmirakel der Todesschleife ‹verstanden›, indem wir es als ‹dasselbe› erkannten, was uns so vertraut ist: die Bahn des geworfenen Steines, der, nachdem er unsere werfende Hand verliess, auch nicht gleich absackt. So sind zwei Phänomene miteinander verbunden.» (PdP, S. 208)

Solche Einzelkristalle können sich zu einem Grosskristall zusammenfügen, etwa indem von anderswo ein zweiter Einzelkristall heranwächst, dessen

Keim wieder eine Frage war, die jede offene Seele anspricht. Beispielsweise: Wie macht es der Mond, dass er nicht auf die Erde stürzt oder der Erde nicht abhandenkommt, und alles ohne eigenen Antrieb?



Hier können wir uns direkt vom Altmeister der Mechanik *Isaac Newton* führen lassen. An einer einzigen Zeichnung seiner *Mathematischen Prinzipien der Naturlehre* (*Newton*, 1963, S. 515) ist es ersichtlich:

> «*Der Mond ist nichts als ein schwerer Riesenstein, herumstürzend um die Erde, immer im Gipfel seiner Bahn, immer dem unerbittlich drohenden Absturz vorbeugend durch sein beharrliches Geradeauswollen.*» (GNUU; S. 8)

Solche Probleme drängen von selbst weiter:

1. Warum fliegt ein Stein überhaupt weiter, wenn er von der werfenden Hand nicht mehr angetrieben wird, oder gar der Mond, bei dem keine Spur einer «werfenden Hand» mehr zu sehen ist?
2. Wer oder was ist schuld, dass der geworfene Stein eine Kurve nach unten beschreibt oder der Mond seiner Kreisbahn folgt?

Für Kundige in Physik sind die Antworten rasch gefunden: Trägheit und Schwerkraft, oder etwas gelehrter: Inertie und Gravitation. Diese Begriffe gehören zu den *einfachen Prinzipien*, von denen Heisenberg spricht. Aber können Novizen der Physik den «Looping» auf diese Weise verstehen?

Damit Begriffe wie *Anziehungskraft der Erde* nicht zu *«Wörtern mit nahezu magischer Gewalt»* (*Rumpf* 1987, S. 194) aufgebläht werden, lässt Wagenschein den «Kristall» ganz bewusst zunächst in der Alltagssprache wachsen und scheut sich nicht vor animistischer Sprechweise:

> *«Zu einem Bogenlauf gehören immer zwei Körper. Der zweite muss führen, muss herhalten: die Hand (für den Eimer, der rundherum geschleudert wird), die Erdkugel für den Mond, die Schiene für den Wagen ...»* (PdP, S. 212, Hinzufügungen: Verf.)

Nun könnte man in einer Art Selbstgespräch, oder im Unterricht in einem *sokratischen Gespräch* mit den jungen Menschen, phantasieren, wie der Mond weiterfliegen würde, wenn die Erde plötzlich nicht mehr da wäre. Für ihn gäbe es dann kein Zentrum mehr, das ihn zu sich zöge. Er wäre ganz allein und würde, weil ihm nichts anderes übrigbliebe, ewig geradeausfliegen. Diese letzte Eigenschaft eines materiellen Körpers können wir nun, Newton folgend, *Trägheit* nennen. Selbst in Newtons Beschreibung scheint mir eine Spur eines solchen Erkenntnisweges nachzuklingen:

> *«Die Trägheit der Materie bewirkt, dass jeder Körper von seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung nur schwer abgebracht wird, ...»* (*Newton*, 1963)

Beim Kristallisationsprozess des Verstehens soll nicht nur Material angesetzt werden, sondern ... *«... wichtig ist, dass ein solcher Grosskristall nicht nur Stoff ansetzt, sondern eine höhere Fähigkeit des Verallgemeinerns anruft als der Einzelkristall.»* (PdP, S. 211)

In unserem Beispiel ist der Kristall auf Grund gestossen: Die Trägheit ist ein Letztes, daher nennt man Newtons Trägheitsgesetz auch ein Axiom oder das erste Grundgesetz der Mechanik. Hier hat es – im Rahmen der Physik – keinen Sinn, weiterzufragen.

Ein zweites Beispiel: Magnetismus. Wie kann vermieden werden, dass junge Menschen von magischem Scheinwissen über den Magnetismus geblendet werden, etwa der häufig anzutreffenden Meinung, dass die magnetische Anziehung durch Feldlinien zustande komme? In solchen Fällen empfiehlt Wagenschein einen Frontalangriff: *«Hast du die Feldlinien gesehen? Wieviele sind es denn? Kann man sie zählen, voneinander unterscheiden? Wie dick sind sie? Was ist dazwischen?»* (PdP. S. 144). Er nennt diese

unzimperliche aber wirkungsvolle Zersetzung der Verwesungsprodukte von halbverstandenem Schulwissen *produktive Verwirrung*[4]:

> *«... Für Gegenstände, die verstanden werden wollen und können ... sollte das naheliegende und verwirrende Falsche aufs Schärfste ins Auge gefasst werden und deshalb möglichst an der Tafel stehen. ... Es setzt dann ein Staunen ein, ein echt sokratisches: darüber, dass man zu wissen meint, was man nicht weiss ... Eine gewisse (wenn auch nicht unbegrenzte) Verwirrbarkeit halte ich für eine positive Eigenschaft sogar des Lehrers: sie fördert die Verständigung.»* (VL, S. 96 & 95)

Wie könnte man einem Kind antworten, wenn es fragt, wie ein Magnet es anstellt, einen Nagel durch ein Tischplatte hindurch zu bewegen? In seiner *Pädagogischen Dimension der Physik* gibt Wagenschein eine Reihe möglicher Antworten:

> *«Die erste wäre: Das weiss ich nicht. Das weiss niemand.*
>
> *... Die zweite Antwort dauert ebenfalls nicht lange und erfordert keine Kenntnis von Einzeltatsachen. Sie wird nicht jedermanns Geschmack sein, aber ich gestehe, dass sie mir am besten gefällt: Sieh: Hier ist der Magnet zu Ende, und hier der Tisch. Bleiben wir einmal beim Tisch. Dass er hier aufhört (oder anfängt), das merkt der Finger, indem er anstösst. Er kommt nicht weiter, kann nicht hinein. Man könnte ruhig sagen: er wird plötzlich ‹abgestossen›, wenn er weiter will. Besonders im Dunkeln könnte man sich so ausdrücken. ... Das Auge stimmt im Hellen dem Finger zu. Das Licht kann an derselben Stelle nicht weiter wie der Finger. – Auge und Hand sind sich also darüber einig, dass hier der Tisch zu Ende ist. Diese Einigkeit ist nicht selbstverständlich. Bei der Fensterscheibe ist sie schon nicht mehr da. Das merken die Vögel, wenn sie daherflattern. Das Durchsichtige hat für das Licht kein Ende.*
>
> *Nun der Magnetstab: Auch über sein Ende sind sich Auge und Hand einig. Man sieht und spürt: So weit reicht er. – Was uns nun wundert, das ist – so dürfen wir sagen – dass er unter Umständen weiter reicht. Unter Umständen, das heisst: für Eisen und andere Magnete.»* (PdP, S. 303)

«Was uns nun wundert ...» – redet da Wagenschein nicht wie ein Arzt, der seinen Patienten fragt «Wie geht es uns heute»? Aber Wagenschein fordert als grundlegende Vorbedingung für das Lehrersein ein Art *«zweiter Naivität»* – etwa im Sinne von *Kleists Marionettentheater:*

> *«... vielleicht ist es das Wichtigste, was der Lehrer lernen muss, das, was er längst weiss, jedesmal wieder als ein Neues und Verborgenes zu sehen und anzusprechen, und nicht nur zum Spass».* (Npsv, S. 140).

Genetisches Lehren

Zusammen mit anderen Unterrichtsreformen[5] nannte Wagenschein das neue Lernverfahren zunächst *exemplarisch*, ein heute abgegriffener und – wie mir scheint – wenig verstandener Begriff. Denn es ist weit mehr als eine Reduktion der Stoffülle auf wenige repräsentative Beispiele, nämlich:

> *«Das exemplarische Betrachten ist das Gegenteil des Spezialistentums. Es will nicht vereinzeln; es sucht im Einzelnen das Ganze …*
> *Das Einzelne, in das man sich hier versenkt, ist nicht Stufe, es ist Spiegel des Ganzen. …*
> *Die Spiegelung muss nicht nur das Ganze des Faches – im günstigen Fall das Ganze der geistigen Welt –, sie muss auch das Ganze des Lernenden (nicht nur seine Intelligenz) erhellen.»*

oder:

> *«Das Seltsame fordert uns heraus, und wir fordern ihm das Einfache ab.»* (VL, S. 32–35 & UVeD I, S. 300–303)

Im exemplarischen Unterricht kann sich die Lehrerin bzw. der Lehrer die üblichen Einstiegs-Lektion «Was ist Physik» ersparen, denn der Unterricht bricht mitten in ein Gebiet ein. Nicht irgendwo, sondern an einem Problem, welches im Idealfall das ganze Fachgebiet in sich spiegelt und vor allem die ganze Person des Lernenden anspricht. *Horst Rumpf* hat sich – und uns Zuhörern an der ersten Wagenscheintagung an der *Ecole d'Humanité* – die Frage gestellt:

> *«Was muss ein Lehrer können? Ich meine das sehr konkret. Er muss einen Anfang setzen können, in dem Irritation Platz greift. Was heisst das? … Wenn ein Selbstverständliches seine Selbstverständlichkeit verliert, wenn ein Alltägliches, zunächst als selbstverständlich Hingenommenes fragwürdig wird, wenn man wirklich hinguckt und sagt: Das kann doch nicht wahr sein. Wenn das gelingt, dann ist eigentlich alles gewonnen.»* (*Rumpf* 1987/2, S. 10).

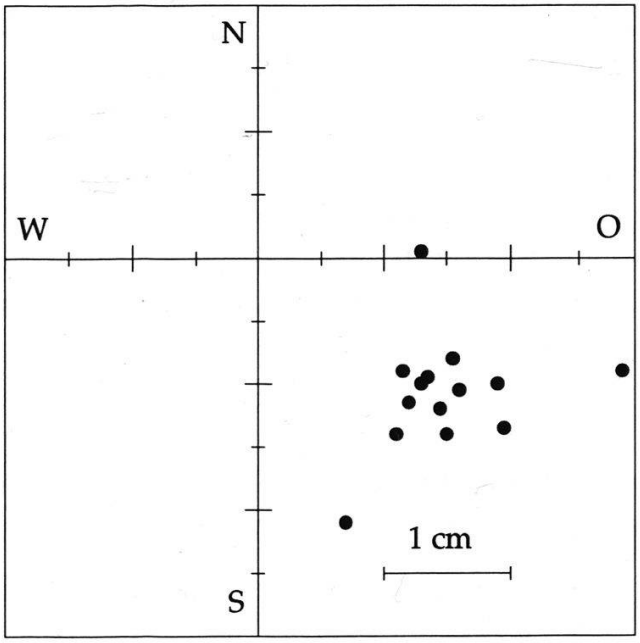
Ein Beispiel für eine solche Anfangsirritation, das mich wegen seiner provokativen Selbstverständlichkeit fasziniert, ist die lapidare Frage:

> *«Wohin fällt ein Stein, wenn man ihn von einem hohen Turm fallen lässt? – bei Windstille natürlich.»*

Ich grabe in meinen Erinnerungsspuren: Ratlosigkeit, irritiertes Lächeln: *«Nach unten!» – «Wie bestimmt man, was unten ist?» – «Hm, mit einem Lot, denk'!» – «Mal ganz genau: Kommt der Stein wirklich dort an, wo das Lot hinzeigt?»* Es werden Ablenkungen durch die Luft erwogen: *«Man muss halt*

viele Messungen machen.» – «Und was hat man davon?» Müdes Achselzucken.

Dann erzähle ich, dass eine gewisser Herr *Guglielmini* von einem der grossen Türme in Bologna Bleikugeln fallen gelassen hat, und der wäre doch nicht jedesmal diese Hunderte von Stufen raufgestiegen, um die nicht ganz ungefährlichen Versuche zu wiederholen, wenn er nicht irgendetwas im Sinn gehabt hätte. Beim Geschichten-Erzählen hören in der Regel auch noch Zwanzigjährige zu. Dann aber braucht es manchmal einen kleinen Gedankenanstoss: *«Also bei einer ruhenden Erde wäre ja wirklich nichts Besonderes zu erwarten, aber die Erde dreht sich bekanntlich, und mit ihr bewegt sich auch der Turm.»* Diese Bemerkung war dann Anlass zu einer heftigen Diskussion: Wird die Kugel hinter der Lotspitze auftreffen, also westlich davon, etwa wie ein aus dem Fenster eines fahrenden Zuges geworfener Gegenstand? Aber wenn wir *im* fahrenden Zug etwas fallen lassen, kommt es genau unten an und nicht hinten. Das wäre verheerend für den Koch im Speisewagen, wenn er eine Omelette wendet. Nach einiger Zeit des Hin und Her zeigte ich die Einschlagstellen der Kugeln nach ihrem Fall über 80 m Höhe[6] (man muss den Versuch gar nicht machen, er scheint mir ohnehin zu schwierig für die Schule):



Wider Erwarten zeigt *Guglielminis* Resultat eine *Ostabweichung* und eine kleinere Südabweichung! Ich breche hier ab, aber Physikkundige sehen

sofort, was das Thema hergibt: Trägheit, Unabhängigkeitsprinzip, zusammengesetzte Bewegung, Messtechnik mit sachlich motivierter Fehlerabschätzung, Umgang mit einem unerwarteten systematischen Fehler (der Südabweichung), Ausstrahlung in die Meteorologie (man versteht, warum die kalt-trockenen Ost- und die warm-feuchten Westwinde etwas mit der Erddrehung zu tun haben, ohne das magische Wort *Corioliskraft* beschwören zu müssen) und schliesslich Kulturgeschichte: *Guglielminis* Versuch war der erste experimentelle Beweis der Drehung der Erde – fast 200 Jahre nach Galilei und Kepler. Einstiege mit solchen Ausstrahlungen nannte Wageschein *Initiationen.*

Ein zweites Beispiel ist die Frage, wie hoch sich Wasser emporsaugen lässt. Heute ein Kinderspiel, aber früher lebensnotwendig für die Trinkwasserversorgung. Um diese Frage zu klären, muss man experimentieren. Für die Beschreibung unseres Experiments und dessen Interpretation gebe ich einer meiner Schülerinnen das Wort: Im Rahmen einer Physikprüfung schreibt *Stephanie*[7] (11. Schuljahr):

> *«Wir wollten mit diesem Experiment schauen, wie hoch man Wasser saugen kann. Zu diesem Zwecke liessen wir einen Schlauch von der Terrasse unseres Schulhauses, das wie für dieses Experiment geschaffen zu sein schien, wie wir später sehen werden, auf den darunterliegenden Vorplatz hinab. Zwei Schüler unserer Klasse verschlossen dann den Schlauch unten mit einem Stöpsel. Von oben füllten wir nun Wasser in den Schlauch, bis er voll war, und warteten, bis alle Luftblasen draussen waren. Dann verschlossen wir auch oben den Schlauch mit einem Stöpsel. Diejenigen unten aber tauchten das Ende des Schlauchs nun in einer Wanne unter Wasser und öffneten ihn dort. Was nun geschah, verblüffte mich sehr. Es geschah nämlich verhältnismässig wenig. Das Wasser sank ein bisschen, bis es gerade etwa eine Distanz zum Boden von zehn Metern hatte. Dies entspricht in etwa der Höhe der Terrasse. Nun tat sich aber noch mehr im Schlauch drinnen. Dort, wo kein Wasser mehr war, zog sich der Schlauch zusammen. Es hatte sich also durch den Abfall des Wasserspiegels im Schlauch ein Vakuum gebildet. Auch stiegen verdächtig viele Blasen auf. Durch dieses Indiz kamen wir darauf, dass das Wasser im Schlauch kochte. Wegen der Druckerniedrigung im Schlauch konnte das Wasser nun schon bei normaler Aussentemperatur verdampfen. In den Blasen war also keine Luft, sondern Wasserdampf. Was uns weiter sehr verwunderte, war die Tatsache, dass das Wasser immer zehn Meter hoch im Schlauch blieb, egal ob wir den Schlauch senkten oder anhoben. Auch als wir ihn schräg hielten blieb dies so.»*

Nun wussten wir, dass man Wasser nicht höher als 10 Meter emporsaugen kann. Aber etwas anderes hat uns noch stärker beschäftigt: Flüssigkeiten

sieden *von sich aus,* wenn die Luft es nicht verhindert. Die Irritation *«Wasser kocht auch, wenn es kalt ist, und zwar von selber!»* kann später in der Wärmelehre zu einer lebendigen Vorstellung des Begriffs *innere Energie* verhelfen.

Nachdem der Begriff *exemplarisch* im didaktischen Fachdiskurs allmählich zur Unkenntlichkeit verstümmelt wurde, hat Wagenschein sein Verfahren später mit der Begriffstrias

genetisch – sokratisch – exemplarisch

bezeichnet und den Schwerpunkt auf *genetisch* gelegt:

> *«Pädagogik hat mit dem Werdenden zu tun: mit dem werdenden Menschen und – im Unterricht, als Didaktik – mit dem Werden des Wissens in ihm. Die* sokratische *Methode gehört dazu, weil das Werden, das Erwachen geistiger Kräfte, sich am wirksamsten im Gespräch vollzieht. Das* exemplarische *Prinzip gehört dazu, weil ein genetisch-sokratisches Verfahren sich auf exemplarische Themenkreise beschränken muss und auch kann. Denn es ist – ich sage nicht ‹zeitraubend›, sondern – ‹musse-fordernd› und deshalb von hohem Wirkungsgrad.»* (VL, S. 75, UVeD II, S. 68)

oder

> *«Nur wenn wir sehen, wie unser Wissen sich bildet, kann es uns bilden.»* (UVeD II, S. 133)

Bildung durch Physikunterricht?

Kann uns physikalisches Wissen wirklich bilden? Trägt es nicht eher zur Verbildung der Menschen bei?

Stellen wir uns einen Sonnenuntergang vor: Die rote Scheibe, leicht abgeplattet über dem flachen Horizont, der wie ein Scherenschnitt in Violett und Ocker vor dem goldenen Himmel steht. Über uns die tiefblaue Himmelskuppel, und als Übergang zum Dämmerungsgold ein Hauch Smaragdgrün. Kurz nach dem Verschwinden der Sonne können aufmerksame Augen schon den Abendstern ausmachen, aber es dauert dann gut eine Stunde, bis der Himmel auch die übrigen Sterne freigibt. Wenn die Nacht ganz klar und dunkel ist, zeigt sich das schleierige Band der Milchstrasse, und wenn das Auge dem grösseren Pfeil der Kassiopeia eine Handbreite folgt, trifft es auf ein längliches Nebelchen in der Andromeda. Und all das dreht sich um den Polarstern, wie wenn die Sterne auf einer einzigen riesigen Hohlkugel festgemacht wären – scheinbar, denn in Wirklichkeit dreht sich die Erde. Keine Spur von «Sonnenuntergang» und bergendem Himmelszelt.

Der Andromedanebel ist 2 Millionen Lichtjahre von uns entfernt und besteht, wie die Milchstrasse, aus 100 Milliarden Sternen. In einem Vorort des Milchstrassensystems gibt es zufälligerweise einen Stern namens «Sonne», welcher, wie wohl die Mehrzahl der anderen Sterne auch, von einer Handvoll Planeten umgeben ist. Es gibt Milliarden Sonnen in einer Galaxie, und die Astrophysiker kennen Milliarden von Galaxien. Das Ganze ist vor rund 15 Milliarden Jahren entstanden – möglicherweise aus einer zufälligen Quantenfluktuation des Vakuums.

Wie gross das Weltall ist, wissen die Astrophysiker nicht, aber vieles spricht heute dafür, dass es unendlich gross ist. Was heisst das? In einem unendlichen Universum sind alle Möglichkeiten irgendwo Wirklichkeit geworden. Alles, was hier und jetzt geschieht, findet in unendlicher Wiederholung an unendlich vielen Orten des Universums auch statt – denn das ist die logische und auch in Fachkreisen wenig beachtete Konsequenz der Unendlichkeit des Universums!

Aber diese Welt ist beinahe leer: Selbst in einem Goldstück verhält sich die Grösse des Atomkerns, der fast alle Materie in sich birgt, zur Elektronenwolke wie ein Salzkorn zur Kuppel des Petersdomes. Aber das Universum besteht nicht aus Gold, sondern seine übers Ganze gemittelte Dichte entspricht einem einzigen Wasserstoffatom pro Kubikmeter. Das lässt auch hartgesottene Physiker nicht ganz kalt, denn am Ende seines Buches *Die ersten drei Minuten,* das die Entstehung des Universums vom physikalischen Standpunkt grossartig beschreibt, lässt der Nobelpreisträger *Steven Weinberg* seinem Erkenntniskater freien Lauf:

> *«Je begreiflicher das Universum ist, um so sinnloser erscheint es auch. Doch wenn die Früchte unserer Forschung uns keinen Trost spenden, finden wir zumindest eine gewisse Ermutigung in der Forschung selbst. ... Das Bestreben, das Universum zu verstehen, hebt das menschliche Leben ein wenig über eine Farce hinaus und verleiht ihm einen Hauch von tragischer Würde.»* (*Weinberg,* S. 312/313)

Zurück zu den Farben des Dämmerungshimmels: Auch hier: Nichts als Täuschung. Licht ist in Wirklichkeit eine elektromagnetische Welle, und verschiedene Farben entsprechen verschiedenen Wellenlängen. Aber diese Reduktion trifft nicht nur das Licht, denn alles, was gesprochen wird, ist – physikalisch gesehen – nichts als Lufterschütterung. Wärme ist nichts als Molekülbewegung. Die Welt an sich ist dunkel, kalt, stumm, beinahe leer aber unendlich gross, absurd und sinnlos.

Auf die Frage, welches nun – ernsthaft – die wirkliche Welt sei, die Welt an sich, würde sich wohl eine Mehrzahl – ungern vielleicht – für die physikalische Welt entscheiden, und die Welt, wie sie der Sinnlichkeit unmittelbar gegeben ist, allenfalls für die Freizeit gelten lassen.

Dieses absolute Primat der Welt der Physik nennt Wagenschein *Physikalismus,* nämlich

> «... *der Glaube, die physikalische Methode, angewandt auf Beliebiges, gebe die Wahrheit ohne Rest und damit den Massstab wirksamen Handelns*» (GNUU, S. 3),

und er erachtet es als wichtiges Bildungsziel des Physikunterrichts, der Welt der Physik gegenüber ein *kritisches Vermögen* (VL, S. 79 & 108) wach zu halten:

> «*Überall, wo Kinder lernen oder denken ‹Licht besteht aus Strahlen›, ist das Unglück schon geschehen. Es besteht keineswegs aus Strahlen, wie das Messer aus Klinge und Griff besteht, ... oder wie der Pflanzenstengel aus Fasern.*
> *Dass die Physik eine Hinsicht ist, die etwas in die Natur hinein und zugleich heraussieht, die also konstruiert, dies muss der Lehrer also von vornherein und schon in den ersten Anfängen des Physikunterrichts, ja gerade dort, im Sinne haben und den Kindern einsichtig werden lassen...*» (PdP, S. 144).

Wie also soll man anfangen mit dieser «*begrifflichen Umstrukturierung der Wirklichkeit*» (PdP, S. 124), die man Physik nennt? Was muss man beispielsweise vom Licht wissen, um einzusehen, dass Lichtstrahlen, Lichtwellen oder Lichtquanten theoretische Konstruktionen, also menschliche Erfindungen sind? Solche Modelle, zu denen auch die Feldlinien oder die Strukturen der Atome und Elementarteilchen gehören, helfen durchaus, Phänomene wie Licht, Magnetismus, Gravitation usw. anschaulich zu verstehen. Zudem sind die Modelle unentbehrlich, wenn die Phänomene in Mass und Zahl ausgedrückt werden sollen, etwa als Wellenlängen oder Feldstärken oder Quantenzahlen. Aber sie sind nicht die Sache selbst.

Der genetische Weg zur Physik führt gerade zum Gegenteil von wissenschaftspopulistischen Meinungen, wie etwa «*Licht ist nichts als Welle*», denn es wird von vornherein einsichtig, dass sich die physikalische Optik von selbst auf das beschränkt, «*was von Licht und Farbe dem Blindgeborenen mitgeteilt werden kann*» (SNN, S. 86). Damit wäre das Primat der physikalischen Weltsicht gebrochen, und es ist *unsere* Sache geworden, wie wir uns der Welt zuwenden:

> «*Wir können in der einen und wir können in der anderen Verfassung sein und können uns in jeder von beiden einrichten, als gäbe es die andere nicht. Unsere ganze Freiheit aber gewinnen wir erst, wenn wir im Laufe eines tiefen Atemzuges umspringen können von der einen in die andere, von einem Aspekt in den anderen.*» (EfM, S. 160)

Wie der Sprung von der Lebenswelt in die physikalische Optik ohne Verletzung der Seele gelingen kann, soll an einem Essay von Martin Wagenschein exemplarisch dargestellt werden – und es wäre nicht Wagenschein, wenn er scheuklappenmässig nur gerade die Optik im Auge hätte:

«Als er erwachte, schien die Sonne auf sein Bett: Er schüttelte die Decke zurecht, legte sich zurück und blickte in die Welt der Sonnenstäubchen, die er aufgewirbelt hatte. Lichtenberg fiel ihm ein: ‹Was man so prächtig Sonnenstäubchen nennt, sind doch eigentlich Dreckstäubchen›. Ihr glänzendes Treiben vor dem Hintergrund des dunklen Schrankes erinnerte ihn an die Bewegungen von Schwärmen aufgescheuchter Fische. Nach und nach werden sie ruhiger und einig in einem ganz langsamen Herniedersinken, er wundert sich, wie langsam. Manche flimmerten dabei, im Wechsel hell aufblitzend und erlöschend, und er dachte gleich an die Art, wie manche Blätter drehend fallen, so dass einmal eine glänzende Breitseite, dann wieder eine unscheinbare Kante in den Blick kommt. So verrieten diese Stäubchen ihre winzige Schuppengestalt, ohne doch ihren Umriss sehen zu lassen.

Allmählich wurde sein Blick aber nicht mehr von den einzelnen Sternchen angezogen, sondern vom Ganzen ihrer Wolke, deren Grenzen er freilich nicht überschauen konnte: Er klopfte wieder auf die Decke, und aus dem Hellen trieben die Stäubchen verlöschend ins Finstere. Anderswo strömten dafür aus der Dunkelheit neue ein in den auserwählten Bereich, der aus grauem Staub silberne Sterne machte. Das ganze Zimmer musste voll von diesen Stäubchen schweben, aber leuchten durften sie nur in dem Lichtbalken, der starr und wie gleichgültig im Raume stand, während sie ihn durchspielten. Nicht gerade frei, aber doch anmutig ihrer Führung folgend: zwei Führungen: der immer neu gestalteten Strömung – fächerig oder wirbelnd – die eines ans nächste band, und der eintönigen allen gemeinsamen Nötigung des Fallens. Aber der Lichtbalken stand unbewegt.

Solange die Sonne schien! Eine Wolke trat vor sie, und alles erlosch. Der starre Balken und sein lockeres Sterngetriebe, zugleich mussten sie vergehen. Denn sie waren gar nicht zweierlei, das sah er jetzt. Ohne Lichtbalken gab es die Stäubchen nicht zu sehen, und ohne die Sternchen war kein Lichtbalken da. – So also, sagte er sich, ist das Licht: An sich selber ist es nicht zu sehen, nur an den Dingen; und auch die Dinge sind aus sich selber nicht zu sehen, sondern nur im Licht.» (Npsv, S. 114; UVeD I, S. 215)

[1] Gekürzter Vortrag, den der Verfasser am 3. Februar 1993 an der Volkshochschule in Zürich im Rahmen des Zyklus «Wissenschaft und Wirklichkeiten» gehalten hat. – [2] Lessing: Kritische Schriften, Briefe, die neueste Literatur betreffend, 11. Brief. – [3] Die Abkürzungen der Schriften Wagenscheins lassen sich im Literaturverzeichnis entziffern. – [4] Näheres über die Kunst des sokratischen Gesprächs und die der fachdidaktische Bedeutung der produktiven Verwirrung:

siehe Labudde 1993, S. 16ff. – [5] Zum Beispiel Hermann Heimpel und Wilhelm Weischedel. – [6] Quellen: Benzenberg, 1804 oder UVeD II, S. 46. – [7] Weitere Schülertexte zur Wagenschein-Pädagogik: siehe Stettler 1981 und 1989.

Literatur:

Dr. Benzenbergs Versuche über die Umdrehung der Erde, Dortmund bey Mallinkrodt 1804.

Werner Heisenberg: Schritte über Grenzen; Piper, München 1971.

Peter Labudde: Erlebniswelt Physik, Dümmler, Bonn 1993.

Isaac Newton: Mathematische Principien der Naturlehre; Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1963.

Horst Rumpf: Belebungsversuche, Ausgrabungen gegen die Verödung der Lernkultur; Juventa Verlag, Weinheim und München 1987.

Horst Rumpf: «Wagenschein», Rede an der ersten Wagenscheintagung 1987 an der © Ecole d'Humanité, CH-6085 Goldern; Auszug der Rede im «Forum Pädagogik» 3/1990, S. 108–113.

Peter Stettler: Wie erleben Jugendliche Physik? Aufsätze im Physikunterricht; Neue Sammlung 21/3, 1981, S. 246.

Peter Stettler: Kristalle des Verstehens, Schüleraufsätze im elementaren Physikunterricht; Schweizerische Lehrerzeitung (SLZ) 22, 1989, S. 14.

Martin Wagenschein: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken (UVeD), Band I; Klett, Stuttgart 1965. Band II; Klett, Stuttgart 1970.

Martin Wagenschein: Die pädagogische Dimension der Physik (PdP); Westermann, Braunschweig 1971.

Martin Wagenschein: Naturphänomene sehen und verstehen (Npsv). Genetische Lehrgänge. Hrsg.: Hans Christoph Berg; Klett, Stuttgart 1980.

Martin Wagenschein: Gegen die Nichtachtung des Unmessbaren und Unmittelbaren (GNUU) – Physikalismus und Sprache; Schriftenreihe der Freien Pädagogischen Akademie, © Buchhandlung A. Scheidegger, CH-8909 Hedingen 1982.

Martin Wagenschein: Erinnerungen für morgen (Efm). Eine pädagogische Autobiographie; Beltz, Weinheim und Basel 1983.

Martin Wagenschein: Die Sprache zwischen Natur und Naturwissenschaft (SNN) (Jahrbuch 1985 der Henning-Kaufmann-Stiftung zur Pflege der Reinheit der deutschen Sprache); Jonas-Verlag, Marburg 1986.

Martin Wagenschein: Verstehen lehren (VL), Genetisch–Sokratisch–Exemplarisch; Beltz, Weinheim 1989.

Steven Weinberg: Die ersten drei Minuten; der Ursprung des Universums; Piper Verlag, München 1977.