Martin Wagenschein

und seine Bedeutung

für die heutige Schulmathematik

(Facharbeit in Mathematik, 1999; z.T. überarbeitet, ohne Anhang und die dort enthaltenen Kopien von Zeitungsartikeln, leider auch ohne Seitenangaben bei den Literaturverweisen der Zitate)

Verfasser: Martin Weber

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung

Die reformpädagogische Bewegung entstand um 1890 und zielte auf eine Erneuerung von Erziehung, Schule und Unterricht. Gemeinsam war allen Reformern die Ablehnung der traditionellen Form der Pädagogik. Unter Berufung auf die Prinzipien der Individualität, Aktivität und Spontaneität des Heranwachsenden sowie in Hinblick auf eine notwendige Vorbereitung auf die demokratische Lebensweise und der Ergänzung des überwiegend verstandesgemäßen Schulunterrichts wurden neue schulische Formen ausgearbeitet und zusätzliche Erziehungsfelder erschlossen. Bereits damals warf man der Schule nämlich vor, sie überhäufe ihre Schüler mit sinn-losen Anforderungen; der Blick fürs Ganze gehe dadurch verloren. Gerade im Feld der Naturwissenschaften und der Mathematik entwickelten die Reformpädagogen wieder ein Gespür für die sinnlich wahrnehmbare Natur. Das persönliche Erlebnis, die menschliche Erfahrung und deren sprachliche Vertiefung sollte die einseitige und zu stark abstrahierende Naturlehre wieder mit Leben erfüllen.

In dieser Bewegung ist auch die Herkunft von Martin Wagenscheins pädagogischer Lehre begründet. Wie kaum ein anderer hat er den naturwissenschaftlichen Unterricht seit den fünfziger Jahren mit Kritik, mit Anregungen, mit ganzen Folgen von Lehrbeispielen und Denkanstößen begleitet. Was bringt der herkömmliche Unterricht? Fördert er die Denkfähigkeit? Oder fördert er lediglich das Lernvermögen und das Rezipieren von unverstandenen, aber auswendig gelernten Formeln und vorgefertigten Weisheiten? Mit diesen Fragen hat sich Wagenschein beschäftigt. Er hat in seinem umfangreichen Lebenswerk seine Antworten dargelegt und begründet und gibt konstruktive Verbesserungsvorschläge für Schule, Unterricht und Erziehung.

Im Folgenden werde ich über seinen Lebenslauf berichten, sein Werk in seinen wichtigsten Punkten darstellen und seine Bedeutung für den heutigen Schulunterricht, besonders für den mathematischen, untersuchen.

2. Lebenslauf

2.1 Kindheit, Jugend, Schulzeit

Martin Wagenschein wurde am 3.Dezember 1896 in Gießen als Sohn von Anna und Raimund Wagenschein geboren. Neben einer „einsamen Ziegelei“, deren leitender Ingenieur sein Vater war, „zwischen Wiesen und Waldhorizonten, an riesigen Tongruben, eine halbe Stunde vor der Stadt“(16) wuchs er auf. Ab 1902 besuchte er in Gießen die Schule. Das Abitur machte er am 13.August 1914 am Großherzoglichen Realgymnasium in Gießen vorzeitig, da er wegen des Kriegsausbruches eine Notreifeprüfung ablegen musste.

2.2 Studienjahre

Da Wagenschein wegen einer Herzkrankheit für militäruntauglich befunden wurde, war nun bis 1918 beim Roten Kreuz in Gießen tätig. An der Gießener Universitäts-Augenklinik ließ er sich daher zum Krankenpfleger ausbilden. Währenddessen immatrikulierte er an der Ludwigs-Universität in Gießen in den Fächern Mathematik, Physik und Geographie. Seit dem Sommersemester 1918 ging er an die Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg. Dort studierte er Experimentalphysik, Allgemeine Kartenlehre, Kartographische Übungen und Analytische Mechanik. Er tat das, weil er dachte, das sei „eine solide Sache“ und „geeignet als Basis, um von ihr aus dermaleinst alles verstehen zu können“ - ein „physikalischer Irrtum“, wie er später befand. Am 23.Februar 1920 er sein erstes Staatsexamen in Mathematik, Physik und Geographie mit „sehr gut“, Ende Juli promovierte er bei Professor Walther König mit „ausgezeichnet“. Bis zum 1.Oktober 1921 belegte er eine Assistentenstelle am Physikalischen Institut der Universität Gießen.

2.3 Berufsbeginn

Vom 10.Oktober 1921 bis zum 30.September 1922 machte Wagenschein seine pädagogische Ausbildung an verschiedenen Realschulen und Gymnasien in Darmstadt, Worms und Friedberg. Diese Studienseminarszeit absolvierte er mit dem „sicheren Eindruck, dass an der öffentlichen Schule etwas nicht stimmen“(16) könne. Nachdem er das Probejahr am Realgymnasium Gießen abgeschlossen hatte, machte er am 31.Oktober 1923 das zweite Staatsexamen, die Staatsprüfung fürs höhere Lehramt, und wurde eine Woche später zum Studienassessor ernannt. In dieser Zeit im öffentlichen Schuldienst lernte er seinen Beruf als einen kennen, in dem man die Klasse wie ein Dompteur zu führen versucht: „Beherrschung der Klasse mit dem Blick. Nie ihr den Rücken zukehren! Fester Standort! Nicht umhergehen! In den ersten Wochen: Niemals lächeln!"(12).

Im November 1923 verlobte er sich dann mit Wera Biermer, die er dann am 17.Mai des darauf folgenden Jahres heiratete.

2.4 Die Jahre bei Paul Geheeb

Von 1924 bis 1930 unterrichtete Wagenschein an der von Paul Geheeb gegründeten Odenwaldschule außerhalb der öffentlichen Schule. Nach kurzer Unterbrechung wegen des Dienstes an der Oberrealschule in Mainz und seiner Vereidigung als Beamter am 22.Mai 1930 kehrte er erneut an die Odenwaldschule zurück.

Wagenschein bewunderte Geheeb und dessen Auffassung des Lehrens. Hier wurden seine pädagogische Überzeugung und damit auch sein weiterer Lebensweg entscheidend geprägt. Das übergeordnete Ziel des „mündigen Bürgers"(12) wurde an dieser Schule mit großem Engagement verfolgt. Durch die dort gesammelten Eindrücke wurde das Fundament für die genetisch-sokratisch-exemplarische Lehrmethode gelegt.

In dieser Zeit erschienen auch die ersten Niederschriften Wagenscheins „Bildung durch Wissenschaft" (1930) und „Naturwissenschaft und Bildung" (1932/33).

2.5 Im öffentlichen Schuldienst

Im April 1933 wechselte er als oberplanmäßiger Studienrat an die Ludwigs-Oberrealschule in Darmstadt. Er trat auch dem NS-Lehrerbund und der NS-Volkswohlfahrt bei. „Ich zog den Kopf ein und schrieb mein erstes Buch" (16), „Zur erzieherischen Aufgabe des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts" (1933/34). 1935 erschienen zudem „Physikalischer Unterricht und Intellektualismus" und „Zusammenhang der Naturkräfte".

1938 trat er der NSDAP bei. Im Spruchkammerbescheid vom 28.Oktober 1947 wurde er als Entlasteter eingestuft. Die Begründung lautete: „...hat bei Schülern kritisches Urteilsvermögen durch ÜBUNG geschärft und so selbständiges 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"(17).

2.6 Neubeginn nach dem Krieg

Vom November 1945 bis 1954 arbeitete er an der Aufbauschule in Traisa, ab dem 22.März als Oberstudienrat. Er war auch Mitbegründer des Schuldorfes an der Bergstraße, wo er von 1954 bis 1957 tätig war. Danach ging er in seiner Tätigkeit als Schullehrer in Ruhestand.

Nach dem Krieg erschienen u.a. „Natur physikalisch gesehen“ (1953), „Die Erde unter den Sternen“ (1955), „Zum Begriff des Exemplarischen Lehrens“ (1956), „Die pädagogische Dimension der Physik“ (1962), „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“ Band 1 und 2 (1965,1967), „Kinder auf dem Wege zur Physik“ (1973) und „Rettet die Phänomene“ in Zusammenarbeit mit H. Kügelhaus (1975). 1970 veröffentlicht das Institut für Film und Bild ein Tonband mit dem Titel „Anmerkungen zum genetischen Prinzip im Physikunterricht“.

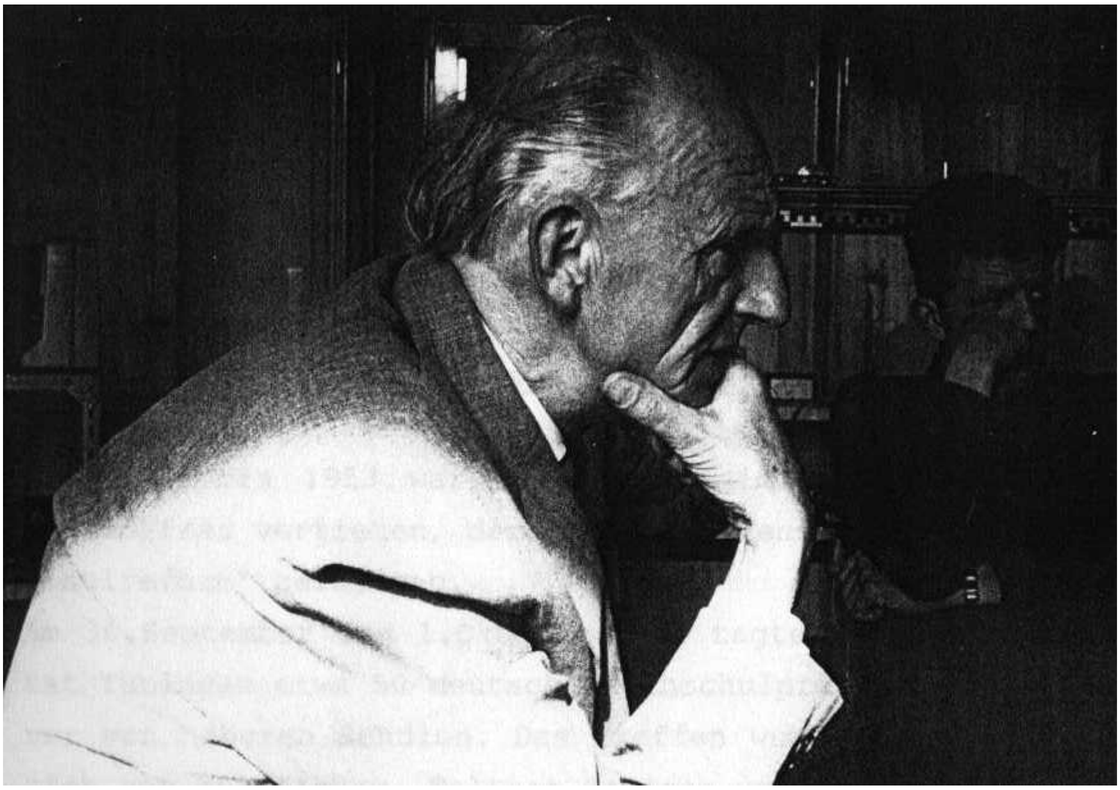


Foto: Helmut Tschampa (1965)

2.7 Hochschule

Die Hochschultätigkeit Wagenscheins begann am 1.Oktober 1949 mit dem Lehrauftrag in Jugendheim an der Bergstraße in „Naturwissenschaftlicher Erkenntnispsychologie“. Diese Aufgabe erfüllte er bis 1963, auch nachdem dieses Institut in diesem Jahr nach Frankfurt verlegt worden ist, setzte er seine Tätigkeit dort als Lehrbeauftragter für „Didaktik der exakten Naturwissenschaften“ bis 1972 fort. Von 1952 bis 1987 lehrte er an der Technischen Hochschule in Darmstadt „Praktische Pädagogik“. Dies sowie die Honorarprofessur an der Universität in Tübingen von 1956 bis 1978 sicherte ihm absolute Lehrfreiheit.

Im Februar 1987 bedankte sich Wagenschein mit einem Brief an die TH Darmstadt dafür, dass sie ihm so lange die Möglichkeit gab, Kontakt zur Jugend zu haben. In demselben Schreiben teilte er mit, dass er seinen Dienst aus gesundheitlichen Gründen aufgeben müsse.

Am Ostersonntag, dem 3.April 1988, starb Martin Wagenschein in Trautheim, seine Frau Wera folgte ihm am 23.April.

2.8 Mitwirkung in bildungspolitischen Ausschüssen

Von 1947 bis 1953 war Wagenschein im hessischen Landesschulbeirat vertreten, der das Heft „Hessische Beiträge zur Schulreform“ herausgab.

Am 30.September und 1.Oktober 1951 tagten an der Universität Tübingen etwa 50 deutsche Hochschulprofessoren und Lehrer von höheren Schulen. Das Treffen wurde von Carl Friedrich von Weizsäcker, Walther Gerlach und Georg Picht einberufen und behandelte das Thema „Universität und Schule“. Wagenschein bringt sich mit dem Referat „Zur Selbstkritik der höheren Schule“ ein. Die Teilnehmer waren sich darüber einig, dass die zunehmende Stofffülle und der anhaltende Prüfungsdruck Besorgnis erregend gewesen seien. Die wichtigsten Ergebnisse wurden in der „Tübinger Resolution“ zusammengefasst.

Ab 1960 arbeitete Wagenschein im Deutschen Ausschuss für das Erziehungs- und Bildungswesen mit. Dieser bestand bis zu seiner Auflösung 1965 aus 35 Personen und sollte die Entwicklung des Erziehungs- und Bildungswesens beobachten und mit Anregungen, Ratschlägen und Empfehlungen unterstützen.

2.9 Ehrungen

Zeit seines Lebens wurde Martin Wagenschein mit einer ganzen Reihe von Preisen und Ehrungen ausgezeichnet:

1955 wurde ihm die Goethe-Plakette für besondere Verdienste im kulturellen Leben des Landes Hessen verliehen, 1965 erhielt er den Preis der Georg-Michael-Pfaff-Stiftung für Initiativen im Bildungswesen. Seine Ernennung zum Ehrendoktor der Universität Tübingen 1978 „überraschte“ und „beglückte“ (12) ihn zugleich. Besonders freute er sich über den Preis der Henning-Kaufmann-Stiftung im Jahre 1985 zur „Pflege der Reinheit der deutschen Sprache“, da er in seinen Schriften, Vorlesungen und Unterrichtsstunden bewusst eine deutliche, bilderreiche und detaillierte Sprache verwendete. Im Jahre 1986 wurde Wagenschein der Preisträger des zum ersten Mal verliehenen Didaktikpreises der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, dem „erlauchtesten Gremium deutscher Physiker“ (12). Wagenschein freute sich: „Die Creme der Hochschulphysiker, die verehrte letzte Instanz für die Schulphysiker, insofern von strategischer Bedeutung“ (14). So konnte er also mit 90 Jahren doch noch erfahren, dass er nicht ungehört blieb: „Jetzt kann wenigstens von den Physikern keiner mehr sagen, das sei alles Unsinn worüber ich rede“ (14). Nach seinem Tod wurde 1992 in Trautheim eine Straße, der Wagenscheinweg, nach ihm benannt.

2.10 Zusammenfassung

Martin Wagenschein hat zu seinen Lebzeiten viel geleistet. Er wird zu den großen Pädagogen gerechnet, er sei ein „Sokrates im zwanzigsten Jahrhundert“, ein „Philosoph in der Schulstube“ (13) gewesen. Er hat bis ins höchste Alter trotz stark abnehmender Seh- und Hörfähigkeit die pädagogischen und politischen Entwicklungen genau verfolgt, ist so immer aktuell geblieben und hat seine Aktivität bis in seine letzten Lebensmonate beibehalten.

3. Werk

Das folgende Kapitel versucht das Lebenswerk Martin Wagenscheins in seinen wesentlichen Punkten darzustellen.

3.1 Gründe für Reformversuche

3.1.1 Scheiternde Schule

In „das Exemplarische Prinzip aus der Sicht der Mathematik und der exakten Naturwissenschaften“ von 1963 schreibt Martin Wagenschein, dass man „die Schule als gegeben hinnehmen müsse“ (2), wenn es darum geht, sich um einen Schüler, der durch individuelle Bildsamkeitsstörungen zu „scheitern“ (2) droht, zu kümmern. Man kann ja nicht erst das ganze Schulwesen reformieren, um einem Einzelnen zu helfen, sondern man ist als Lehrer gezwungen im Rahmen der schulischen Möglichkeiten so schnell wie möglich den Schüler zu unterstützen. Individuelle Bildsamkeitsstörungen sind aber zu unterscheiden von Störungen, die häufiger auftreten und viele Schüler in ähnlicher Weise betreffen. Diese wären auf das Wesen der Schule und des Unterrichts selbst zurückzuführen, was zur Folge haben könnte, dass auch begabtere Schüler drohen, die Anforderungen nicht erfüllen zu können. Müsse dann also nicht nur vom „Scheitern“ des Schülers, sondern eigentlich erst recht vom „Scheitern der Schule“ gesprochen werden? Kann die Schule, wie sie ist, dem Wesen des Heranwachsenden überhaupt gerecht werden?

Solche großflächigeren Störungen zu erkennen ist nicht einfach. Sie müssen sich in „gemeinsamen Misserfolgen vieler äußern“ (2): allgemein sinkendes Niveau, geringe Lernbereitschaft, fehlendes Interesse, wenig Selbständigkeit und so weiter. Die Symptome waren also schon in den 60ern präsent und geben sich heute immer deutlicher zu erkennen. Durch zunehmende Bequemlichkeit und den Überfluss von Kurzinformationen in der vom Wohlstand geprägten „Fernsehgesellschaft“, verkümmern Langzeitgedächtnis, Arbeitsmoral und Leistungsfähigkeit immer mehr. Obwohl also vieles auf außerschulische Ursachen zurückzuführen ist, dürfen wir uns aber nicht mit diesen Begründungen zufrieden geben. Wagenschein berichtet, er habe „allzu oft gesehen, dass die Unterrichtsweise eine Menge von Kindern unfähig macht“ (2). Symptom und Ursache sind gleichzeitig in der Tübinger Resolution, die feststellt, „„...dass das deutsche Bildungswesen, zumindest in den Höheren Schulen und Hochschulen, in Gefahr ist, das geistige Leben durch die Fülle des Stoffes zu ersticken“ (2).

3.1.2 Die hinfälligen Kenntnisse

Martin Wagenschein hat in seiner Arbeit darauf hingewiesen, dass Schulwissen, und da besonders das physikalische, häufig schon bald nach dem Schulabschluss nur noch aus Fragmenten bestehe. In dieser anfänglich durch langjährige Lehrerfahrungen an Hochschulen und Universitäten entstandenen Feststellung fühlte sich Wagenschein bestätigt, als er genauere Untersuchungen anstellte, um der rapiden Hinfälligkeit der physikalischen Schulkenntnisse auf den Grund zu gehen. In zahlreichen, sich über etwa 20 Semester erstreckenden, intensiven Gesprächen mit Studenten erfuhr Wagenschein, dass die Erscheinung der hinfälligen Physikkenntnisse keine Einzelerscheinung gewesen ist. Während seiner Arbeit als Professor an verschiedenen Universitäten führte er stichprobenartige Befragungen zu verschiedenen physikalischen Verständnisfragen, deren Antworten seiner Meinung nach von Physikstudenten im Wesentlichen bekannt sein müssten. Er erwartete qualitative Antworten, ohne Formalismus. Die Ergebnisse (siehe Anhang) bekräftigten ihn in seiner Ansicht.

Zögernd veröffentlichte Wagenschein das Ergebnis einer Befragung unter Physikstudenten des Pädagogischen Instituts in Jugendheim im Jahr 1956. Dadurch konnte er zeigen, dass zumindest unter den 14 Befragten die Kenntnisse nicht bzw. nicht mehr fundiert und wirklich verstanden seien. Er wies ausdrücklich darauf hin, dass dies nicht als Kritik oder Anschuldigung an Physiklehrer, Lehrplanverfasser, Studienseminare oder Kultusministerien zu verstehen sei, sondern als Versuch, auf offensichtliche Missstände aufmerksam zu machen.

Wie er befürchtet hatte, erntete er dennoch reichlich Kritik. Die Fragen seien zu schwer gewesen, manche Themen seien in dieser Form vielleicht gar nicht in der Schulzeit besprochen worden: „In den Physikbüchern wird das Problem [, warum Eis durchsichtig, aber Schnee weiß ist,] nicht behandelt, im Unterricht im Allgemeinen auch nicht...“ (2). Wagenschein dazu: „Ich wundere mich nicht, dass die Studenten zu dieser Frage nichts zu sagen wussten... Mir erscheint ein Unterricht fragwürdig, der nicht vor allem solche Sachverhalte, die im Winter täglich vor Augen liegen und erstaunlich sind, mit einfachsten Mitteln erklärt und auf ihnen aufbaut“ (2).

Ein weiterer Kritikpunkt war, dass Abiturienten die „nur“ Volksschullehrer werden nicht als Maßstab für die Beurteilung hergenommen werden könnten, da sie „bekanntlich nicht die Besten seien“ (2). Wer solch eine Ansicht vertritt, brauche sich laut Wagenschein nicht über den Verdacht wundern, er würde sich nur jenen Schülern verpflichtet fühlen, „die den Nachwuchs des eigenen Faches bilden werden“ (2). Ist Physikunterricht etwa nur für die wenigen Schüler gedacht, die im naturwissenschaftlich-technischen Bereich tätig sind? Das war nach einer Volkszählung 1970 in Schleswig-Holstein nur bei 12% der Berufstätigen der Fall. Physik und Mathematik sind im Allgemeinen wenig beliebte Fächer. Diese Abneigung komme dadurch zu Stande, dass die Inhalte eigentlich nicht verstanden sind, worüber Worthülsen und auswendig gelernte Sätze hinwegtäuschen. Die Vorstellung, Mathematik und Physik seien absolut menschenfern und nur abstrakt, entstünden daraus. Wagenschein forderte aus diesem Grund eine Umstrukturierung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, um Physik auch für die erfahrbar und zugänglich zu machen, die mit diesem Fachgebiet bisher nicht viel anfangen konnten.

3.1.3 Vergleich: Odenwaldschule - frühere Schulen

Wagenschein sagte, auf der Odenwaldschule habe er „fast alles gelernt“ (7), und man hätte von ihr in der Schulreformsituation der 70er Jahre sehr viel lernen können, wie er es in einem Interview 1976 ausdrückte.

An der Odenwaldschule bei Heppenheim, die nach der Zwangsemigration Geheebs 1933 in Hasliberg/Goldern in der Schweiz als Ecole d`Humanité wiedereröffnet wurde, gab es zahlreiche Einrichtungen, die auf öffentlichen Schulen nicht üblich waren. Es gab „keine Jahresklassen, kein Sitzen bleiben, statt dessen Fachgruppen, Kursunterricht, Epochenunterricht, Koedukation, radikale Verdichtung des so genannten Stoffes auf Themenkreise ... keine Noten, wohl aber Urteile“ (2). Durch das Weglassen der Zensuren entstand eine „sachliche Motivation“ (2), die eben von der „Problematik des Themas“ (2) selbst ausgeht. Hier wurden Kreativität, Selbständigkeit und Produktivität wirklich gefördert, was ja auch Ziele der staatlichen Schulen sein sollten.

An diesen wird aber die Lernlust systematisch zerstört. Dies führte er auf die Unterrichtsmethode der Belehrung, auf die übertriebene Stofffülle und auf den Notendruck zurück, der sich durch Rivalität charakterschädigend auf die Heranwachsenden auswirken kann. Zum Thema Wettbewerb um Zensuren zitierte Wagenschein Pestalozzi: „Vergleiche nie ein Kind mit einem anderen, sondern immer nur mit sich selbst“ (7).

An der Odenwaldschule konnte gezielt auf die für den einzelnen am besten geeignete Berufsausbildung hingearbeitet werden. Dies setzte man durch regelmäßige Gespräche mit den Schülern durch, in denen man realistisch über dessen Möglichkeiten beratschlagen konnte. Wenn es für die Schüler auf die vom Staat geforderten Abschlussprüfungen, wie das Abitur, zuging, musste in den letzten ein bis zwei Schuljahren der verlangte Stoff noch eingepaukt werden, was ihnen, nachdem sie ein festes Fundament gelegt hatten, „gar keine Schwierigkeiten machte“ (2).

3.2 Lehre

3.2.1 Die sechs Stufen der Kenntnis

Die sechs Stufen der Kenntnis sind nicht als chronologische Folge, also nicht als eine sich auseinander entwickelnde Serie anzusehen, sondern als eine Klassifikation. Diese ist unterteilt in drei lokale Verstehens- und drei exemplarische Kenntnisstufen.

3.2.1.1 Die drei Stufen des Verstehens

Die unterste Stufe der lokalen Kenntnis ist die rein verbale. Man kann also den Wortlaut eines Sachverhalts zwar wiedergeben, hat aber keine Ahnung, was der rezipierte Sachverhalt eigentlich bedeutet. Es werde laut Wagenschein der Verdacht erregt, dass die bloße verbale Kenntnis von mathematischen und physikalischen Sätzen das „Mitkommen“ (2) bereits ermögliche. Das könne nicht die erstrebte Art des Verstehens sein.

Die zweite Rangstufe ist die technische, die es einem möglich macht, über Kenntnisse zu verfügen und sie anzuwenden. Diese ist nicht gering einzuschätzen und notwendig, da man ja nicht unbedingt bei der Bedienung eines Geräts notwendigerweise wissen muss, wie es genau funktioniert. In der Schule aber, wo Einsicht erlangt werden soll, sollte erst nach dem vollen Verstehen die Verschärfung durch Übung folgen.

Die dritte Stufe ist die der Einsicht. Erst hier hat man den Sachverhalt wirklich verstanden und ist von der Richtigkeit überzeugt. Man kann den Tatbestand mit eigenen Worten verständlich erklären. Diese Stufe sollte das Ziel sein, das man in der Schule an einem Beispiel vor Augen hat. Denn „Verstehen des Verstehbaren ist Menschenrecht“ (18).

3.2.1.2 Die drei Stufen der exemplarischen Kenntnis

Die nächsten drei Stufen bauen aufeinander auf:

Wenn man an einem Beispiel diese volle Einsicht erlangt hat, kann man diese Kenntnis, sofern sie „exemplarisch“ (siehe 3.2.7), d.h. beispielhaft für andere ist, auf andere Bereiche übertragen und dort anwenden. So lernt man „in der Mathematik ‚beweisen’, in der Physik ‚experimentieren’, in einer fremden Sprache ‚übersetzen’“ (2). Eine Methode wird so beigebracht. Diese Stufe ist die der fachmethodischen Schulung.

Die fünfte ist die systematische Expansion. Man kann unter der Anwendung von der vorherigen Kenntnisstufe andere Bereiche des Faches erschließen und so einen übergeordneten Zusammenhang schaffen. Dies „gelingt umso besser, je mehr das gewählte Thema“, das vollständig verstanden ist, „eine Schlüsselposition“ (2) im Fachgebiet einnimmt.

Diese Stufe, und damit auch die vorherige, sind dem „guten, dem beweglichen, Fachlehrer angemessen“ (2).

Die sechste und höchste Rangstufe ist die wissenschaftstheoretische Betrachtungsweise. Diese kann auch direkt an die dritte anschließen. Dem Lehrer kann es so gelingen, Abstand vom Fach zu nehmen und so die Grenzen des Faches zu überschreiten. Nur ein Lehrer der aus dem Fach „heraustreten“ kann, kann wirklich bildend auf seine Schüler wirken.

Das exemplarische Prinzip (siehe 3.2.7) gibt die Möglichkeit, die sechste Stufe zu erreichen, während die Stufen vier und fünf im Unterricht aufs Notwendige reduziert werden. So spart man zwar Stoff, aber dennoch keine Zeit. Der „Wirkungsgrad“ des Unterrichts wird so erhöht, ebenfalls das Niveau gesteigert. Und darauf kommt es an.

3.2.2 Die Vorbedingungen der Schüler

Die Spontaneität, die in jedem Kind steckt, ist die erste entscheidende Vorbedingung des zu unterrichtenden Schülers. Sie ist vorhanden, auch wenn sie durch Schule und Erziehung vielleicht unterdrückt worden ist. Man muss in diesem Fall als Lehrer oder Erzieher dem Kind Raum zur Selbstentfaltung geben und die natürliche Spontaneität wecken.

Als zweites muss die Aufmerksamkeit geweckt werden. Das Problem des Themas muss das Kind „packen“.

Das dritte ist die Lernwilligkeit des Kindes. Diese scheint meist nicht gegeben zu sein, als Lehrer muss man die Schüler „zum Lernen zwingen“. Wagenschein behauptet, dass Kinder von Grund auf lernbereit sind, was ihnen aber häufig frühzeitig „ausgetrieben“ wird. Dass sie aber anfangs vorhanden ist, belegt er mit einigen Beispielen, wie dem des Schattens (3.3.1).

3.2.3 Die Tugenden des Lehrers

Die erste, und sogleich „wichtigste“ (2), Tugend ist, dass er Kinder mögen müsste. Er müsste sich von ihrer „rätselhaften Natur angezogen“ (2) fühlen; anders formuliert: „er müsste sie ertragen können. Sowohl wenn sie als Teufel auftreten, wie wenn sie als Engel erscheinen“ (2).

Als zweites müsste er jedes Thema im Unterricht mit einem Staunen angehen, als hätte er davon auch noch nichts gehört. Diese didaktische Tugend ist schwer zu praktizieren, da es anstrengend ist, sich in einen anderen Standpunkt, den des Kindes, hineinzuversetzen. Der Lehrer sollte also versuchen in dem Thema aufzugehen und die Gedanken der Kinder zu verstehen. Hier ist es natürlich auch notwendig, dass er seine Kenntnisse auch in der Umgangssprache mitteilen kann (siehe 3.2.6.2).

Zudem bisher genannten muss er einen Blick dafür haben, welches Problem als exemplarisches Beispiel geeignet ist. Dieses muss er den Schülern im Einstieg so deutlich machen können, dass die Schüler das Problem, das Erstaunliche daran, erfassen können und so aufmerksam, lernbereit und kreativ werden können.

Flexibilität ist ebenso eine gut brauchbare Fähigkeit. Das Unterrichtsgespräch kann nämlich mit der genetisch-exemplarisch-sokratischen Lehrmethode in viele verschiedene Richtungen laufen. Wenn das Denken der Kinder erwacht ist, dann denken sie „überraschend und meist auch überraschend gut" (1). Darauf muss sich der Lehrer einstellen können.

Der Lehrer sollte auch wissen, dass ein ständiges Berichtigen, Belehren und Eingreifen die Entwicklung des Themas (genetisches Lehren, siehe 3.2.6) stören kann. Es ist notwendig, dass er „sokratisch" (siehe 3.2.8) lehrt, was sehr anspruchsvoll ist. Dazu gehört auch, dass er die Regeln des Gesprächs und seine Rolle im Gespräch kennt und im Großen und Ganzen beherrscht (siehe 3.2.5).

3.2.4 Die Eigenschaften des Themas

Das Thema, das als Beispiel ausgewählt wird, muss ein „exemplarisches" (siehe 3.2.7) sein. Es muss ein wichtiger Eckpfeiler sein, an dem man den weiteren Stoff aufrichten kann.

Weiterhin muss das Thema von sich aus Fragen aufwerfen, in Erstaunen versetzen können, ohne dass es auf Anhieb eine Lösung für das aufgeworfene Problem gibt. So entsteht eine „sachliche Motivation" (7), die den Antrieb, der durch Eltern, Lehrer oder die Zensuren entsteht, ersetzen kann. Das „Rätsel" muss natürlich ohne übermäßige Hilfe des Lehrers lösbar sein. D.h. wenn ein Problem zwar faszinierend ist, aber mit den Mitteln der Kinder und der Schule nicht zu lösen ist, ist das Thema nicht geeignet.

Das ausgewählte Problem sollte „leicht und schwer zugleich" (2) sein. Leicht, da es wenig oder wenn möglich keine Vorkenntnisse voraussetzt, schwer, da es ohne Denken nicht zu lösen ist.

3.2.5 Die Regeln des Gesprächs

Wenn die Schüler ein Phänomen eindringlich betrachten, wird das Nachdenken angeregt, und aus dem „Nachdenken erwacht das Sprechen" (5). Das miteinander Sprechen kann nur unter bestimmten Voraussetzungen gelingen, diese Regeln müssen vom Lehrer erklärt und von allen Teilnehmern eingehalten werden.

Zuerst muss jeder Gesprächsteilnehmer allen alles sagen, was er denkt, und zwar, was er wirklich denkt. Selbst wenn jemand etwas Falsches sagt, darf er nicht ausgelacht werden, sondern muss immer ernst genommen werden, sonst entwickelt sich kein offenes Gespräch. Gerade fehlerhafte Aussagen führen oft zur Lösung.

Als zweites darf keine Widersprüchlichkeit und keine aufgeworfene Frage übergangen werden. Das würde nämlich bedeuten, dass nicht alles aufgeklärt und verstanden ist. Erst wenn es soweit ist, kann man fortfahren.

Drittens sollte der Lehrer die Kinder sich frei in ihrer eigenen Sprache reden lassen. Die Begriffe werden sich erst im Laufe der Entwicklung des Themas zwangsläufig entstehen.

Die Gedanken der Schüler dürfen auch nicht benotet werden, sonst setzt man sie unter Druck und das Gespräch ist blockiert.

Der Lehrer hat im Gespräch nicht die Aufgabe zu belehren und jeden Fehler gleich richtig zu stellen, sondern er passt auf, dass jeder Gesprächsteilnehmer die Regeln einhält. Dem Lehrer ist es auch erlaubt, manchmal zu sagen, was er denkt; aber er darf keinesfalls die ganze Sache aufklären.

3.2.6 Genetische Lehre

3.2.6.1 Menschheitsgenetik

Die heutigen wissenschaftlichen Kenntnisse sind natürlich nicht schon immer da gewesen. Erst im Laufe der Menschheitsgeschichte hat sich das Wissen vermehrt, indem man beobachtete, nachdachte, experimentierte und forschte. Die Wege, die unsere Vorfahren beschritten hatten, waren keineswegs nur gerade, durchliefen zahlreiche Irrwege und führten aber schließlich zu unseren heutigen Resultaten. Wagenschein war stark an diesen Schritten interessiert, da sie die ursprünglichen Denk- und Vorgehensweisen aufzeigen, die nötig waren, um Phänomene zu begreifen und zu deuten. Er erkannte, dass der Mensch immer mehr Distanz von den Gegenständen gewonnen hatte und sie aus ihrem ursprünglichen Zusammenhang herauslöste. Schritt für Schritt verstand man immer mehr Einzelheiten des Faches, bis schließlich der heutige Wissensstand erreicht wurde. So sah Wagenschein das Fach als ein gewordenes, ein sich stufenweise entwickelndes Wissensgebiet an.

3.2.6.2 Kindheitsgenetik

Genauso, wie das Fach in der Geschichte erst entstanden ist, muss sich das Fach im Kind auch erst entwickeln. Diese Entwicklung beginnt mit den ersten Begegnungen mit Phänomenen schon vor dem Schulalter. Bereits Kleinkinder versuchen ihre Umwelt zu erfahren und zu entdecken. Mit der Fähigkeit des Sprechens werden diese Erfahrungen mit Worten beschrieben, mit zunehmendem Alter werden die Beschreibungen exakter. Aus dem frühen naiven, „animistischen Denken und Welterleben“ (5) wird ein realistisches Denken, und so folgt Phase auf die andere, in denen das Kind immer näher ans logische, abstrakte und exakte Denken herankommt.

Die Kindheitsgenetik zeigt verwandte Züge zur Menschheitsgenetik. „In den kindlichen Wachstums- und Reifeprozessen spiegeln sich geistesgeschichtliche Entwicklungslinien. Im Werden des Kindes wiederholt sich manch Wesentliches -nicht alles- aus dem Werden des Faches“ (5). Die Standpunkte des Menschen in der Geschichte haben sich geändert, im Wachsen des Kindes ändern sich die Sichtweisen und Weltanschauungen. Diese Gemeinsamkeiten soll der Unterricht respektieren und ausnutzen, d.h. die Themen sollten wenn möglich so aufeinander aufbauen, dass sie die Entwicklung des Denkens unterstützen und fördern.

Dazu gehört, dass die Begriffe nicht vorgesetzt werden, sondern sie sollen sich entwickeln. Das werden sie auch, denn an einem bestimmten Punkt im Thema wird eine Begriffsbildung notwendig sein, sie entstehen während der Behandlung des Themas. „Definitionen und Fachsprache sind also das Ziel, nicht der möglichst bald gewonnene Ausgangspunkt des Unterrichts“(3).

Wagenschein zieht daraus Folgerungen für die zugegebenermaßen schwierige Stoffauswahl. Er fordert statt Stofflisten Funktionspläne, d.h. Erkenntnisstufen, die für die Kinder zu erreichen sind. Solche „Funktionsziele“ (5) (siehe 3.2.9) sind dann die Maßstäbe für die konkreten Stoffe, die im Unterricht behandelt werden.

Als Voraussetzung für genetischen Unterricht betrachtet Wagenschein den Epochenunterricht. Im Gegensatz zu der konventionellen „Zerstückelung in planlos wechselnde Kurzstunden“(1) sieht dieses Konzept vor, dass einige Wochen lang täglich mindestens zwei Stunden derselben Fächer auf dem Plan stehen.

3.2.7 Sokratische Lehre

Für den genetischen Unterricht fordert Wagenschein die sokratische Lehrmethode. Diese ist von der Lehrweise des Sokrates abgeleitet. Der Lehrer versucht hierbei den Schüler durch gezielte Fragen zur Einsicht zu bringen. Für den Unterricht bedeutet dies, dass der Lehrer nicht die Schritte vordenkt und den Kindern vorsetzt, sondern dass er sie beim Einstieg durch Fragen herausfordert und dann als Wegbegleiter zur Seite steht. Er soll Denkpausen nicht mit Belehrungen und Richtigstellungen füllen, sondern die Kinder „eindringlich verweilen“(5) lassen. So werden sie den Gegenstand selbständig durchschauen, erfassen und mit eigenen Worten darüber reden können. Der Lehrer soll den Schülern nun helfen die Ergebnisse zu ordnen und zu abstrahieren.

3.2.8 Exemplarische Lehre

Um den genetischen Anforderungen von Fach und Kind gerecht werden zu können, müssen exemplarische Themen im Unterricht behandelt werden. Exemplarisch bedeutet, sie müssen „ausstrahlend, stellvertretend, repräsentativ“ (2) sein. Die Denkweisen, die angewandt werden, um ein Beispiel zu erfassen, können auf andere Gegenstände im Fach übertragen werden. An solchen exemplarischen Eckpfeilern kann der ganze Fachunterricht, der natürlich nicht nur aus solchen Themen bestehen kann, sondern auch mit darlegendem Unterricht gefüllt werden muss, aufgebaut werden.

3.2.9 Ziele

Um die Stoffauswahl treffen zu können, sind (wie in 3.2.6.2 bereits erwähnt) Pläne über Funktionsziele nötig. In Siegfried Thiels Einführung zum Beiheft des Tonbands „Anmerkungen zum genetischen Prinzip im Physikunterricht“ (siehe Anlage) sind einige mögliche Funktionsziele für den Physikunterricht angeführt:

1. Wie kann man einen Naturvorgang kausal und exakt erklären?
2. Was ist ein Experiment und wie gewinnt man daraus eine mathematische Funktion?
3. Wie verhält sich ein Teilgebiet der Physik zu einem anderen, wie löst es sich manchmal in einem anderen auf?
4. Inwiefern ist die Physik nur ein gewisser Standpunkt, nicht etwa eine absolut objektive Wissenschaft?
5. Was ist in der Physik ein Modell?
6. Wie sind physikalische Begriffe in der geistesgeschichtlichen Entwicklung entstanden?
7. Was ist der Unterschied zwischen technischem und forschendem Denken?
8. Wie ist ein phänomenologischer Zusammenhang herzustellen, ohne dass zu früh mathematisiert wird?

Für die Mathematik könnten einige Funktionsziele wie folgt aussehen:

1. Was ist eine mathematische Funktion? Welche praktischen Sachverhalte können damit beschrieben werden?
2. Wie gehen mathematische Darstellungsweisen aus einem zu beschreibenden Gegenstand hervor? Wie sind diese Darstellungsweisen in der Geschichte entstanden?
3. Wie kann man solche mit eigenen Worten verständlich wiedergeben?

Dabei sollte man beachten, dass diese Funktionsziele nicht nur für spätere Naturwissenschaftler, Mathematik- oder Physiklehrer brauchbar sind. Pickert, Professor an der Universität Gießen, dazu: „Der Mathematikunterricht sollte als ‚allgemein bildend‘ gerade denjenigen, die später als Nichtmathematiker mit Mathematik in Berührung kommen, den Zugang zu der dort verwendeten Sprache öffnen“ (25).

Das Ziel des genetischen Unterrichts ist „das Verstehen von Naturerscheinungen, wie sie überall anzutreffen sind“(13), bzw. von in der Mathematik verwendeten Denkweisen, die dann in verschiedenen Situationen angewendet werden können. Vermehrung von Wissen soll nicht das Unterrichtsziel sein, ist aber freilich bei Wagenschein ein willkommenes Nebenprodukt.

3.2.10 Qualitäten des genetisch-exemplarisch-sokratischen Unterrichts

Das Prinzip der genetischen Lehre ist zentral in der Pädagogik Wagenscheins, denn „genetisches Lehren führt ohne Bruch vom Sehen zum Verstehen“ (20). So bleibt das Kind in dem ursprünglichen Denken der vorwissenschaftlichen Naturerfahrungen eingewurzelt und lernt unterscheiden zwischen Alltagswelt und Wissenschaft, auch zwischen Vermutungen und Tatsachen, in dem rational-kritisches Prüfen geschult wird. Wagenschein sagte häufig, dass es ohne diese Einwurzelung keine Bildung geben könne. Für die „nachhaltige Effizienz“(26) des Unterrichts sieht er diese, die besser als „Enracinement“ bezeichnet wird, als das entscheidende Kriterium an.

Ein relativ hoher Wirkungsgrad wird auch deswegen erzielt, da dieses Lehrprinzip von der angeborenen Denk- und Lernlust des Kindes Gebrauch macht. Das Kind lernt so produktiv und kritisch zu denken. Wagenschein unterstützt die Freiheit des Individuums, welches sich durch Kritik die geistige Autonomie in der Gesellschaft bewahren kann, wendet sich gegen „gesellschaftliche Mächte, die [das Individuum]... auf eine spezialistische Einseitigkeit beschränken möchten, die blind macht für viele befreiende und produktive Möglichkeiten der Lebenspraxis“(6).

Das im Unterricht angestrebte Wissenschaftsverständnis erfordert „nicht nur eine elementare Kenntnis der Sprache, des Denk- und Argumentationsstils der Wissenschaften sowie einen Einblick in ihre gegenwärtigen und grundsätzlichen Grenzen“(6), sondern sie erzielt eine bestimmte Sichtweise der Natur. Nicht nur die Ausnutzung der Natur für eigennützige Zwecke, sondern Anteilnahme an der Natur, wie sie ist und bleiben soll, ist das Naturverständnis Wagenscheins.

Die Struktur der Unterrichtsgespräche hilft den Kindern soziales Verhalten zu lernen. Ein Hinhören auf die Meinungen und Ideen der anderen, gegenseitiger Respekt trotz fehlerhafter Aussagen, gegenseitige Unterstützung, bis jeder den Gegenstand begriffen hat, sind

Begleiterscheinungen, die in der Persönlichkeitsentwicklung der Kinder positive Auswirkungen haben werden.
Das selbständige Suchen und Finden eines mathematischen Satzes kann auf besondere Art und Weise pädagogisch wirken, indem es das Selbstvertrauen stärkt. In den 60er Jahren erhielt er einen Brief einer ehemaligen Schülerin an der Odenwaldschule, die schilderte, wie sie als Erwachsene „gänzlich ...[ihr] Selbstbewusstsein verloren hatte“(2). Sie erinnerte sich in dieser Zeit an eine Einzelarbeit mit Wagenschein, in der sie mit seiner Hilfe den Satz des Pythagoras entdeckte, woraus sie damals als Jugendliche viel Freude und Selbstvertrauen schöpfte: „Ihr Unterricht hat mich nicht zur Mathematikerin gemacht, aber er hat mir etwas zu meinem Leben viel Nötigeres gegeben: die Erinnerung, als ich sie nötig brauchte, an die Zuversicht ..., die ein selbstgelöstes Problem [oder] eine eigene Arbeit geben können.“(2) Es ist „von unersetzlichem Wert ... für Kinder, an einigen Beispielen erfahren zu haben, dass man eine solche Erkenntnis von Grund auf selber entdecken kann.“(13)

3.2.11 Übertragung auf andere Fächer

Martin Wagenschein hat seine Lehre aus der Mathematik und der Physik heraus entwickelt. Nun stellt sich natürlich die Frage, ob man diese Theorien auch auf andere Fächer übertragen werden können. Er selbst ist überzeugt davon gewesen, dass dies überall möglich ist, außer vielleicht beim Sprachunterricht. Ein Kollege an der Odenwaldschule beispielsweise behandelte in Geschichte ausführlich die französische Revolution. Es wurde nicht nur das geschichtliche Ereignis erforscht, sondern man suchte nach den Ursachen der Revolution, verglich mit anderen Revolutionen aus der Menschheitsgeschichte. Die Schüler lernten hierbei viel über die menschliche Natur.
Obwohl Wagenschein aus dem gymnasialen Schulzweig stammte, sah er seine Theorien auf alle Schularten anwendbar.
Die konkrete Umsetzung wäre laut Wagenschein die Aufgabe von Vertretern der anderen Fächer.

3.2.12 Zusammenfassung

Die wesentlichen Aspekte in Bezug auf den Mathematikunterricht kann man in drei Punkten zusammenfassen.

Als erstes und wichtigstes sollte der Unterricht von wirklichen Problemen ausgehen. Das selbständige Suchen, das schrittweise Erkennen und das kritische Prüfen dieser Erkenntnisse bewirkt wahres Verstehen.

Zweitens soll zuerst der Einzelfall, der im Bezug zur Wirklichkeit steht, behandelt und vollständig begriffen werden. Danach kann man Abstrahieren und mathematisieren. So bleibt das Kind eingewurzelt. Die Wirklichkeitsnähe ist in der Mathematik zwar nicht einfach herzustellen, aber man kann doch unter Verwendung geeigneter Bilder und Beispiele ausreichende Anschaulichkeit erzielen.

Drittens sollen sich die Schüler zuerst mit ihren eigenen Worten ausdrücken dürfen. Erst mit der Zeit entwickeln sich die mathematischen Begriffe und mit ihnen die Fachsprache.
Da Wagenschein nebenbei auch einen herkömmlichen, informierenden Unterricht vorsieht, wird neben der Tiefe auch für die ebenso notwendige Breite, für den Überblick gesorgt.

„Die moderne Welt verlangt einen vor unerwartenden Aufgaben produktiv denkenden und kritisch prüfenden Menschen, dessen Abstraktionen ohne Spaltung aus der unmittelbar gegebenen Wirklichkeit hervorgehen“(1). Durch die genetische Methode werden Kinder zu solchen erzogen. Ihre Talente werden erkannt und gefördert.

Wagenschein selbst fasst wie folgt zusammen: „Keine Noten. Kein Zeitdruck. Das Thema muss sachlich motivierend sein. Es gibt nur sachliche Motivation, sonst wird aus dem Unterricht Wettbewerb. Der Konkurrenzbetrieb ist kein anständiges Motiv, ebenso sind Zeugnisse kein anständiges Motiv. Sie verderben die Kinder; die Kinder haben sachliche Interessen, anfangs nur, die machen wir kaputt. Ich halte den Wettbewerb auch für unnötig und schädlich, denn er führt zur Ellbogengesellschaft, zur Überflussgesellschaft“(7).

3.3 Exemplarische Beispiele

Im Folgenden werde ich einige Beispiele, die Wagenschein als exemplarisch bezeichnet, in gekürzter Fassung anführen und erläutern. Da es hierbei besonders auf Wagenscheins Wortlaut ankommt, werde ich diesen nicht verändern, gegebenenfalls aber zusammenfassen.

Die Beispiele zur Plattentektonik und Differentialrechnung stammen nicht von Wagenschein, schienen mir aber in diesem Zusammenhang dennoch passend.

3.3.1 Kinder entdecken den Schatten

Wie ist das, wenn Kleinkinder zum ersten Mal ihrem Schatten begegnen? Haben sie Angst? Ignorieren sie ihn, weil sie sich nicht für ihn interessieren? Oder versuchen sie ihren Begleiter zu begreifen?

Wagenschein hat kurze Berichte gesammelt, in denen Erwachsene dokumentiert hatten, wie ihre Kinder oder sie selbst in ihrer Kindheit ihres Schattens bewusst wurden und begannen ihn zu erforschen:

„Als Uwe (1 Jahr, 3 Monate) an der Wand stand, versuchte er seinen Schatten zu erhaschen“(2) und erkannte, dass das nicht möglich ist.

Frau W. erinnerte sich an eine ähnliche Begebenheit aus ihrer eigenen Kindheit. Sie entdeckte den Schatten eines Steines. Um den Schatten ansehen zu können, hob sie den Stein hoch. Da war er weg: „Erschrocken legte ich ihn wieder hin: Nun war es wieder da! Noch mal: Wieder hoch – wieder weg!“(2) Sie versuchte ihn auch mitsamt dem Stein in beide Hände zu packen, trug ihn ein paar Meter weit weg und erkannte dann, dass der Schatten dennoch weg war. Dieses kleine Kind hat also sogar ein „Experiment“ gemacht, um dann leider zu keinem Ergebnis zu kommen.

Frau W. berichtet aber auch von einem kleinen italienischen Mädchen, welches zu einer Erkenntnis gekommen ist: Sie versuchte vergeblich ihren Ball vom Schatten ihrer Hand zu reinigen. Frau W. kam zu ihr, nahm den Ball und hielt ihn, indem sie die Hand unter ihm hielt. „‚Wohin?‘ fragte sie ratlos ... ‚warum?‘“(2). Frau W. sagte, die Sonne habe das gemacht, und verwies auf ihren Schatten im Sand. Nachdem das Mädchen diesen gründlich betrachtet hatte, entdeckte sie ihren eigenen, der sich mit ihr mitbewegte. „‚Hier geblieben!‘ (‚Resta qui‘) sagt sie streng und baut ihm aus Steinen einen Käfig.“(2) Aber der Schatten ließ sich nicht einsperren. Nun wendete sie sich dem festen Schatten eines Pfostens zu und erkannte den Zusammenhang zwischen Sonne, Pfosten und Schatten. Ihr „‚Capito‘“(2) war schon von weitem zu hören, als „sie – nun ohne Stirnfalte - zu mir zurückhüpft und zu ihrem Ball“(2).
Diese und andere Geschichten zeigen, dass Kinder eben doch lernwillig sind und bereit sind, zu experimentieren. Es war zwar der Hinweis auf die Sonne nötig, aber das Mädchen war sichtlich erfreut über die selbst erarbeitete Erkenntnis.

3.3.2 „Der Mond geht mit“(2)

Wagenschein hat auch zum Thema „Mond“ einige kleine Episoden gesammelt. Ich will hier besonders auf die eingehen, in denen Kinder entdecken, dass der Mond „mitgeht“.

Dem dreijährigen Benno fiel dies bei den Spaziergängen mit seinem Vater auf. Jedes Mal bemerkte er fast nebenbei: „Der Mond läuft mit.“(2)
Ebenfalls bei einem Spaziergang, entwickelte sich folgendes Gespräch zwischen dem fünfjährigen Thomas und seinem Vater:

Thomas: „Siehst du: der Mond geht mit!“(Zerrt heftig an der Hand.) „Jetzt bleib mal stehn!“(Triumphierend) „Siehst du: Er bleibt! – Aber ich versteh‘ nicht, woher das kommt, Pappi?!“

Vater: „Schau mal die Bäume an im Wald!“

Thomas: „Ich seh‘ nichts!“

Vater: „Laufen da nicht Bäume mit? – Schau mal da hinten!“

Thomas(leicht empört): „Nein, da geht keiner mit!“(Triumphierend:) „Die Bäume haben ja keinen Mann!! Der Mond, der hat doch einen Mann, der geht!“(Eifrig:) „ Ja, das glaub‘ ich: Die Bäume haben ja keine Beine, da können sie auch nicht laufen.“(Sinnierend:) „Aber den Mann hab‘ ich noch nie gesehen.“(Rechthaberisch:) „Siehst du: Die Bäume gehen doch nicht mit.“(Hält mich wieder an:) „Jetzt steht er auch wieder –“(Sinniert:) „Das ist der Wind, der den antreibt, der Sturm!“

Vater: „Aber es geht doch gar kein Wind!“

Thomas: „Doch! Der Wind, der saust so in den Ohren, wenn man geht; der ist das!“(2)

Zuerst denkt der kleine Thomas an ein lebendes Wesen, das sich mit Hilfe der Beine wie ein Mensch fortbewegt. Später erwägt er den Wind, den er ja nur durch sein Laufen als solchen empfindet, als Ursache für das Mitbewegen des Mondes. „Was für eine einfältiger Gedanke!“ könnte man als gebildeter, moderner Mensch kommentieren und denken, dass es das Beste wäre, dem Kind zu sagen, wie es wirklich ist. Nur: Wäre es wirklich gut für den Jungen, d.h. würde es ihn weiterbringen? Würde es ihn nicht nur verwirren, da etwas verfrüht vorgegriffen wird und er es nicht verstehen könnte? Und: Weiß man eigentlich selbst genau, warum es so ist? Oder weiß man einfach nur, dass es so ist? Dabei hat Thomas einen großen Schritt nach vorne gemacht, da er von dem kindlich-animistischen Gedanken, der „Mann im Mond“ sei dafür verantwortlich, abgewichen ist und bereits eine mechanische Kraft in Erwägung zieht, die natürlich noch einige durch Nachdenken zu erschließende Widersprüchlichkeiten beinhaltet, welche diese Theorie dann als falsch entlarven. Aber „Thomas denkt, zweifelt, variiert (indem er wechselnd läuft und steht), er vergleicht (Baum und Mond), er bildet Theorien und springt unbekümmert aus dem magischen Denken (Mann im Mond) ins physikalische Argumentieren (mit dem Fahrtwind)“(2). Er ist also schon auf „dem Wege zur Physik“(2).

In einem Zug entdeckt ein siebenjähriges Mädchen, dass sich rechts die Hügel, die weit entfernt sind, mit dem Zug mitbewegen, wobei die nahen Bäume auf der Linken am Fenster vorbeirauschen. Sie kommentiert verwundert: „Da drüben fährt der Zug ja viel schneller als auf der anderen Seite.“(13)

Dies ist für das Kind nicht nur etwas Verwunderliches, sondern auch etwas Verwirrendes. Nun kommt es darauf an als Erwachsener, der gegebenenfalls mit der Parallaxenverschiebung zwischen den nahen und entfernten Dingen vertraut ist, dem Kind eine Antwort oder Hilfen zu geben, die es nicht noch mehr durcheinander bringen und mit denen es etwas anfangen kann, um daraus eine Einsicht zu erlangen. Mit der Anregung, dass sich das Mädchen doch mal die Büsche und Gräser auf der rechten Seite ansehen könne, wäre ihm beispielsweise gewiss weitergeholfen. Es würde schnell einsehen, dass der Zug auf der einen Seite nicht schneller ist. Nun könnte es weiter darüber nachdenken, warum weit entfernte Dinge langsamer vorbeiziehen und der Mond sogar „mitzugehen" scheint.

Auf derartigen Erfahrungen von Kindern kann sich der physikalische Unterricht stützen, ähnliche, dem jeweiligen Alter angemessene Beispiele behandeln, produktive Denkweisen fördern und folglich sich selbst damit einen Gefallen tun.

3.3.3 Die Plattentektonik (eigenes Beispiel aus einem anderen Fachbereich)

Um ein Beispiel aus einem anderen Fächerkanon zu nennen, schien mir die Plattentektonik aus dem geographischen Unterricht geeignet. Es ist ein Thema, das bei einer geeigneten Einführung durchaus Aufmerksamkeit erweckend wirken kann.

Eine Mutter berichtet aus der Kindheit von Martin, ca. sechs Jahre alt: „Er hat sich viel mit Ländern und Kontinenten beschäftigt. Dazu studierte er oft begeistert den Globus seines Vaters, Lehrer an einer Volksschule. Irgendwann sagte er sinngemäß: ‚Schau mal, Mama! [Süd-] Amerika und Afrika passen ja genau zusammen. ... Als wären die einmal zusammen gewesen und dann auseinander gebrochen.'"

Diese Erstaunlichkeit kann man gut in den Einstieg zur Plattentektonik einbauen. Ein Hinweis auf die puzzleartige Zusammensetzung der Kontinente, besonders von Südamerika und Afrika, dürften genügen, um den Forschungsdrang der Schüler anzutreiben. Man wird gemeinsam Erklärungsversuche oder vielleicht auch Gegenstimmen, die auf die reine Zufälligkeit aus sind, sammeln und kritisch beleuchten. Wenn man mit der Klasse soweit ist, dass die Möglichkeit, dass die Kontinente einmal miteinander verbunden waren, im Raum steht, kann nach möglichen Indizien suchen. Vielleicht kommen die Schüler selbst auf die Idee, die Gesteinsschichten der Küstenregionen zu untersuchen oder sich Karten über den Meeresboden des Atlantiks genau anzusehen (das Material muss der Lehrer natürlich parat haben), um dann zu entdecken, dass es eine hervorstechende Gebirgskette, ähnlich einer Nahtstelle, ungefähr in der Mitte zwischen Südamerika und Afrika gibt. Fossile Pflanzen- und Tierfunde werden völlig überzeugen, gerade dann, wenn die Schüler selbst den Einfall hatten, die Fossilien zu überprüfen.

Ist man dann soweit, und das wird wahrscheinlich nicht nach nur einer Schulstunde der Fall sein, kann man mit informativem Unterricht fortfahren, verschiedene Theorien schildern, Karten über das vermutliche Aussehen des Urkontinents Pangaea zeigen und so weiter. Auf jeden Fall hat man ein sicheres Fundament gelegt, auf dem der weitere Unterrichtsfortgang aufgebaut werden kann, man hat das Interesse der Schüler erlangt und hat gleichzeitig deren eigenständiges und produktives Denken gefördert.

3.3.4 Das Pendel

Ein Beispiel, wie man Kindern auf einfache Weise ein Experiment aufschließen kann, ist das des Pendels. In der frühen Zeit seiner Berufsausübung, ging Wagenschein auf, dass mit einem kurzen Faden mit einer kleinen Eisenkugel die Aufmerksamkeit der Kinder kaum zu wecken sei. Deshalb brachte er eines Nachmittags einen „kopfgroßen Felsbrocken“(2) in die Schule. Diesen befestigte er mit einem Seil an der fünf Meter hohen Decke. Besser als mit den eigenen Worten Wagenscheins kann man wohl die Begebenheit im Physikunterricht des darauf folgenden Tages wohl kaum beschreiben:

> „Anderntags ... sagte ich gar nichts und ließ nur das schwere Pendel von der Seite her ins Blickfeld schwingen. Wie langsam! Das bloße Zusehen macht ruhig. Von selbst lockt es die Jungen und Mädchen von ihren Plätzen. Sie umstehen dicht und respektvoll den gefährlichen Schwingungsraum. Zu sagen ist nichts. Die Fühlung bedarf keiner Aufforderung, sie bedarf nur der Zeit, die die Schule sich so selten nehmen darf. Alle Köpfe gehen mit, auf und ab, hin und her. Das leise Anlaufen, der sausende Sturm durch die Mitte ..., drüben der zögernde Aufstieg bis zum Umkehrpunkt; ... Am großen [langsamen] Pendel sieht man Dinge, die das kleine eilige nie erregt, zum ersten Mal: der rätselhafte höchste Punkt, an dem der Felsbrocken umkehrt. In diesem Augenblick: bewegt er sich da oder nicht? Hält er an, oder? Wie lange währt die Pause der Bewegungslosigkeit? ... so beginnt ein nicht vorauszusehendes Gespräch, in der Umgangssprache versteht sich, nicht in der Sprache der Physik. Der Lehrer braucht gar nichts zu sagen. Höchstens am Ende eine kleine Zusammenfassung: Es ist ein Stillstand ohne Dauer; ... ein „Zeitpunkt“... Kürzer als jeder Augenblick, kleiner als jeder Moment, unter aller Zahl. Seine Dauer ist Null. Da steht ein Körper und steht doch nicht still – so etwas gibt es also.“(2)

Eine solche eindrucksvolle Einführung weckt die sachliche Motivation der Kinder. Nachdem sie erst vom Gegenstand ergriffen worden sind, kann man nun auch auf die Formeln dazu gemeinsam herleiten.

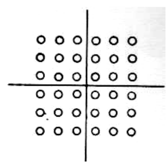
3.3.5 Die Irrationalität der Quadratwurzel aus 2

Der antike Beweis für die Irrationalität der Quadratwurzel aus 2 ist eines der beiden Beispiele, die sich aus rein mathematischer Sicht gerade für den exemplarischen Unterricht anbieten.

Um den eigentlichen Beweis angehen zu können, müssen erst ein paar Voraussetzungen geschaffen werden. Als erstes soll das Verständnis einer geraden Zahl erneuert werden. Wenn man Zahlen nicht als Ziffern, sondern eher als zählbare Menge von Punkten (anschaulich beispielsweise Erbsen) ansieht, kann man jedem Kind klarmachen, dass eine gerade Anzahl von Dingen in zwei Haufen mit gleicher Anzahl aufteilen lässt. Zurück zu den Zahlen: Jede gerade Zahl hat zwei gleiche Hälften. Um sich anschaulicher und exakter ausdrücken zu können, sagt man statt gerade „paarig“ oder „zwiespältig“(2). Genauso gibt es nun auch drei- und vierspältige Zahlen.

Zweitens muss man abklären, für welche Punkthaufen die Eigenschaft von Quadratzahlen zutrifft. Rechnerisch ist klar, dass eine Zahl mit sich selbst multipliziert eine Quadratzahl ergibt. Den Punkthaufen aber muss man so anordnen, dass sich ein Quadrat ergibt, d.h. es muss genauso viele Reihen haben, wie die einzelnen Reihen Punkte haben. Auch klar! Das wichtige ist aber, dass es unter den Quadraten nun paarige und unpaarige gibt. Anschaulich kann nun auch leicht verdeutlicht werden, dass aus einer unpaarigen Grundreihe kein paariges Quadrat entstehen kann, z.B. aus einer Reihe mit fünf Elementen wird ein Quadrat mit 25 Elementen. Also: Jedes gerade Quadrat entsteht aus einer geraden Grundzahl, jedes ungerade aus einer ungeraden (, was natürlich algebraisch viel schneller gezeigt werden kann, was aber auf Kosten der Anschaulichkeit und Verständlichkeit geht).

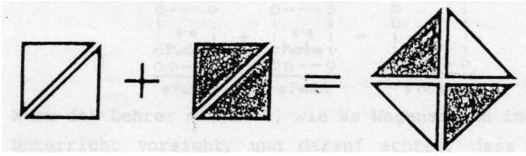
Wenn man nun sich ein paariges Quadrat mit diesen Kenntnissen näher ansieht, wird einem bald klar, dass es gleichzeitig auch vierspältig oder doppelpaarig ist.



Jetzt geht man über zu dem eigentlichen Problem: Es handelt sich nicht um einzelne Elemente, die sich quadratisch anordnen lassen oder nicht. Es geht um die Aufteilung eines flächigen Quadrates in kleinere Einheitsquadrate und deren Bruchstücke.

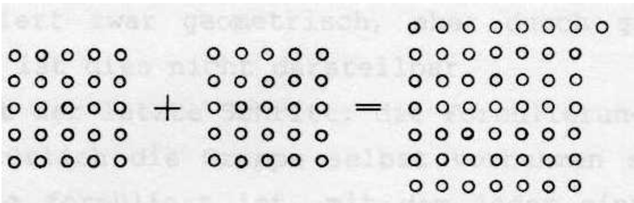
Im Unterricht kann man an dieser Stelle die Frage stellen, die Sokrates dem Sklaven Menon stellte: „Hier ist ein Quadrat. Ich möchte wissen, welches Quadrat genau doppelt soviel Fläche fasst. Und zwar möchte ich seine Seite wissen, die Seite, auf der es sich aufbaut, gemessen im Vergleich zur Seite des ersten Quadrates.“(2)

Anhand von Zeichnungen oder besser mit Papier und Schere kann man nun eine geometrische Lösung erhalten:



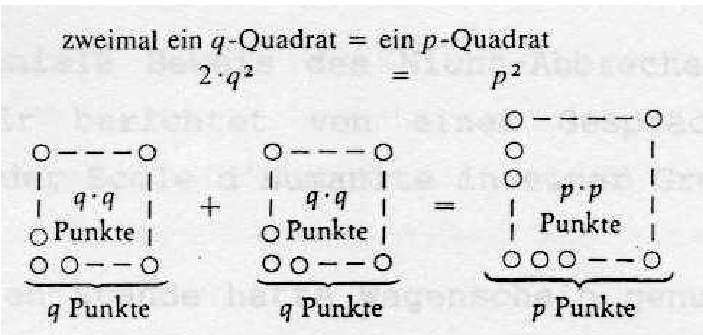
Das eigentliche Problem, das der Verhältnisse der alten Seite zur neuen, hat sich dadurch aber nicht gelöst. Man lässt jetzt im Unterricht die Schüler selbständig nach dem passenden Verhältnis suchen. Aber mit der Methode so lange zu suchen, bis man auf das richtige Ergebnis kommt ist mühsam und scheint kein Ende zu haben, wie bald alle einsehen werden.

Jetzt darf der Lehrer verraten, dass Euklid die Lösung in wenigen Zeilen gefunden hat, was die Klasse auch nachvollziehen kann. Wenn wir an dieser Stelle von der Fläche wieder zurück zu den Punktelementen gehen, wird deutlich, dass man eine quadratische Anordnung finden muss, die sich mit einer in den Eigenschaften gleichen wieder zu einem Quadrat zusammensetzen lässt. Auch so wird man durch Herumprobieren nicht zu einer Lösung kommen.



Wenn wir ein Verhältnis ganzzahliger Zahlen suchen, kann man es allgemein mit p/q beschreiben; man müsste also eine Lösung für (p•p)/(q•q)=2 finden, wobei p und q teilerfremd sein sollen.

Nun weist der Lehrer darauf hin, dass das Problem lösbar ist, mit den Kenntnissen über Gerade und Ungerade und Quadratzahlen, mit der Voraussetzung, dass p und q teilerfremd sind, und mit folgender Darstellung, in der alle Möglichkeiten zusammengefasst sein sollen:



Wenn der Lehrer mitmacht, wie es Wagenschein im genetischen Unterricht vorsieht, und darauf achtet, dass die Schüler diese vier Punkte während des Gesprächs im Blick behalten, werden sie zu folgendem Ergebnis kommen:

Erstens muss entweder p oder q unpaarig sein, da p und q ja teilerfremd sind. Wir entscheiden uns für das kleine q, da das p gerade sein muss, weil sich das p-Quadrat aus zwei kleineren q-Quadraten zusammensetzt.

Als zweites erkennt man, dass das große p-Quadrat vierspältig sein muss, da p ja gerade ist. Seine Hälfte hat also auch noch eine Hälfte. Also muss q^2 gerade sein, dementsprechend ist q auch gerade.

Aber war da nicht vorhin was anderes ausgesagt? Man erinnert sich und findet den Widerspruch: einerseits muss q paarig, gleichzeitig unpaarig sein, q muss sowohl gerade, als auch ungerade sein.

Der Schüler steht nun vor etwas Erstaunlichem: Die Wurzel aus 2 existiert zwar geometrisch, aber durch ganzzahlige Verhältnisse ist dies nicht darstellbar.

Jetzt erfolgt der letzte Schritt: die Formulierung des Satzes, was natürlich die Gruppe selbst vornehmen soll. Erst wenn ein Satz formuliert ist, mit dem jeder einverstanden ist, werden die Schüler selbst das Gefühl haben, fertig zu sein. Fertig sind sie, wenn sie den Sachverhalt mit eigenen Worten beschreiben und andere davon überzeugen kann. Erst jetzt kann man sich mit der Klasse dem Satz von Weber-Wellenstein oder gar Euklid widmen.

3.3.6 Das Nicht-Abbrechen der Primzahlenfolge

Ein Beispiel, an dem Wagenschein gut gezeigt hat, wie ein Unterrichtsgespräch verlaufen kann, ist der einfache und zugleich geniale Beweis des Nicht-Abbrechens der Primzahlenfolge. Er berichtet von einem Gespräch über mehrere Stunden an der Ecole d`Humanité in einer Gruppe von 14- bis 17jährigen.

In der ersten Stunde hatte Wagenschein genug damit zu tun, das Thema in einer Einführung so aufzubereiten, dass den Schülern die Problematik klar wurde und sie davon ergriffen waren. Im weiteren Gesprächsverlauf der nächsten Stunden hielt sich Wagenschein weitgehend raus.

Schon vor der zweiten Stunde wurde der erste Vorschlag einer Schülerin unterbreitet. Gabi meinte, jede Primzahl sei durch die Formel $p=2n^{\pm}1$ auszudrücken, wobei n eine beliebige natürliche Zahl sei. Bald war ihr aber klar, dass dadurch lediglich die Selbstverständlichkeit gezeigt wurde, dass Primzahlen mit Ausnahme der 2 ungerade sind.

In der zweiten Stunde wurde von Gabis Versuch auch den anderen berichtet, aber man hielt sich nicht länger damit auf. Peter vertrat recht überzeugend seinen Satz, alle Primzahlen ließen sich mit 6n+1 oder mit 6n-1 darstellen, zumindest für Primzahlen, die größer als 3 sind. Dies bestätigte sich bis zur 43. Man verteilte nun aus einer Tabelle die Primzahlen bis 10.000

zur Überprüfung. Die Formel stimmte immer. Es hätte aber auch noch eine größere Primzahl geben können, die Peters Satz als falsch hätte entlarven können. Und der Satz wäre noch zu beweisen gewesen. Das war allen klar. Um den „blinden Wetteifer“(2) zu bremsen, erinnerte Wagenschein nun an das eigentliche Ziel, der Suche nach der größten Primzahl, falls es eine gibt. Würde dieser Satz also helfen? Nur einer bemerkte, dass dieser nicht zur Lösung beitragen würde, da $6n^{\pm}1$ ja nicht immer zu einer Primzahl führt. Die Umkehrung des Satzes könnte aber helfen: „Alle Zahlen von der Form $6n^{\pm}1$ sind Primzahlen.“(2) Bald fand man aber Versager, wie die 25, die 121 usw.

Der Unterschied von Satz und Umkehrsatz konnte in der dritten Stunde geklärt werden, indem man andere Beispiele aus verschiedenen Bereichen fand. Man warf nun die Frage auf, was eigentlich die beiden bisherigen Formeln zur Lösung beitragen könnten. $2n^{\pm}1$ zeigt, dass eine Primzahl ungerade ist, also nicht durch 2 teilbar ist. Peter durchschaut auch die Selbstverständlichkeit in seinem Satz: Keine Primzahl ist durch 3 teilbar. Daher entwarf man eine neue Form dieser Formel: $2•3•n^{\pm}1$.

Der nächste Vorschlag kam von Elnis. Dieser besagt, dass nicht $6n^{\pm}1$, wohl aber 6p+1 zu einer immer größeren Primzahl führt, was einen großen Schritt in Richtung der größten Primzahl bedeutete. Es gehe ja nicht darum jede Primzahl auszudrücken, sondern die größte sollte gefunden werden. Aber auch dieser Lösungsansatz stellte sich als falsch heraus. Man fand bald einen Versager, die 175, und erkannte, dass zwar 2, 3 und p als Teiler ausgeschlossen sind, aber auch, dass es schließlich mehr als diese drei Primzahlen gibt, die nicht berücksichtigt wurden. Elnis versuchte sich nach der Stunde an der Tafel, schrieb und dachte laut: „42 ist 2 mal 3 mal 7. Da ist die 2 drin und die 3 und die 7. Und in 43 sind sie nicht drin. ... Man müsste die Teilbarkeitsregeln benutzen. Bei 3 die Quersumme usw.?“(2) Wagenschein sagte ihm, dass dies ein guter Weg wäre, wobei Elnis die Teilbarkeitsregeln nicht brauche.

Weiter mit Wagenscheins Worten:

> „Am nächsten Morgen kommt er strahlend zum Frühstück: ich hab‘ die Lösung! Im Unterricht verkündet er sie:
>
> ... Wenn p die größte Primzahl ist, die ich kenne, dann ist N=2•3•5•7•...•p+1 bestimmt auch eine Primzahl, und zwar eine größere als p! ... Alle stimmen überzeugt zu. Auch stimmen die Proben ...[bis] 2•3•5•6•11+1=2311.“(2)

Die nächste Zahl 30031 schien auch eine Primzahl zu sein: „Ich bleibe zögernd und fordere zu scharfer Kritik und Prüfung auf. Merkwürdigerweise kommt die Lösung nicht experimentellem Wege durch Entlarvung der Zahl 30031, wie ich angenommen hatte.

> Am Abend überrascht mich die sehr spröde und bisher fast schweigsame Marianne ... , dass sie mir den Fehler in der Begründung des Satzes ... klar ausspricht.“(2)

Es könnte ja auch sein, dass die erhaltene Zahl durch eine Primzahl, die größer als p ist, teilbar ist.

> „Noch mehr: Am Morgen ein Jubelschrei von Gabi: Nicht nur das: sie könne sogar nun beweisen, dass es keine letzte Primzahl geben könne! Sie hat den Beweis wirklich, er ist da.
>
> [In der vierten Stunde]... gibt einer, der noch an den Satz glaubt ... noch einmal den vermeintlichen Beweis wieder. Dann lasse ich Marianne ihre Widerlegung geben. Sie sagt ... : ‚Die Behauptung von Elnis ist nicht vollständig. Denn es gibt zwischen p und N noch andere Primzahlen. N kann eine Primzahl sein. Es kann aber auch sein, dass N keine Primzahl ist. Dann gibt es noch Primzahlen im Zwischenraum zwischen p und N, durch welche die Zahl N teilbar ist.‘ ... Nun kam erst das Erstaunliche zur Sprache, das, was Gabi in der Nacht klar geworden und was, wie sich herausstellte, auch Marianne am Abend aufgeschrieben hatte. Ihr Zettel geht nämlich weiter: ‚In beiden Fällen ist bewiesen, dass es keine letzte Primzahl gibt, da man dies weiterführen kann.‘“(2)

Das gleiche drückte nun auch Gabi in „vollendeter Präzision“(2) aus.

Da es zuerst nur wenige verstanden hatten, ließ Wagenschein den Sachverhalt in eigenen Worten immer wieder wiederholen und sogar von jedem auf einem Zettel notieren. So gewann er fast jeden, etwa die Hälfte schaffte es, den Beweis sachlich richtig zu formulieren, Gabis Ausführung war „druckfertig“(2).

Die fünfte Stunde diente dann ausschließlich der endgültigen Formulierung.

An diesem Beispiel werden einige Vorzüge des genetischen Unterrichts sichtbar:

Ohne, dass man tiefere Vorkenntnisse braucht, ist es möglich, dass ein Problem vollständig verstanden wird, da es von ganz unten her aufgerollt wird. Das Thema wird dann noch interessanter, wenn man sich vergegenwärtigt, dass dieses Gespräch zwischen den einzelnen unbekannten Griechen in ähnliche Richtungen verlaufen sein könnte.

Heute wird über die Eigeninitiative der Schüler geklagt. In diesem Unterrichtsgespräch ist aber dokumentiert, dass Jugendliche durchaus zur aktiven Mitarbeit (und das ist nicht gleichzusetzen mit dem, was man heute gemeinhin unter Mitarbeit verstanden wird, nämlich sich hin und wieder melden, nicht den Unterricht stören,...) bereit sind, was dadurch belegt wird, dass manche Ideen und Lösungsansätze in Unterhaltungen tagsüber oder gar nachts entstanden sind. Eine solche Arbeitseinstellung entsteht nur aus sachlicher Motivation, die aus dem Problem selbst wachsen muss.

3.3.7 Der Satz des Pythagoras

Ein möglicher Weg, den die Untersuchung des Satzes des Pythagoras gehen kann, soll hier nur in Kürze beschrieben werden:

Ohne gleich den Namen Pythagoras ins Spiel zu bringen, kann man mit der Eingangsfrage beginnen, was der Hintergrund dafür sei, warum Handwerker und Arbeiter, wenn sie im Gelände einen rechten Winkel benötigen, drei Latten mit den Maßen 3, 4 und 5 zu einem Dreieck zusammenstecken. Über die Suche nach anderen Zahlentripeln, die als Seiten im Dreieck einen rechten Winkel zur Folge haben, den sogenannten pythagoreischen Zahlentripeln, wird man dann auf die Beziehung, die zwischen solchen Zahlen gilt, stoßen:

$$a \bullet a + b \bullet b = c \bullet c$$

oder

$$a^2+b^2=c^2$$

Am Satz des Pythagoras wird besonders gut die ausstrahlende Schlüsselstellung eines exemplarischen Themas deutlich. Dieser ist, wenn er erst einmal von Grund auf verstanden ist, ein Pfeiler, mit dem viele Stoffe des geometrischen Unterrichts verbunden sind. Auf die konstante Winkelsumme im ebenen Dreieck kommt man, indem man sich vor Augen führt, dass der rechte Winkel genauso groß wie die Summe der beiden übrigen sein muss, was man an Hand von Papierdreiecken entdecken kann. Ebenso hängen sowohl Flächenberechnungen und Ähnlichkeitslehre, als auch Trigonometrie, Sphärische Trigonometrie und Nichteuklidische Geometrie eng mit ihm zusammen. Der Zugang zur analytischen Geometrie wird eröffnet. Ferner stößt man während der Aufstellung der Beziehung zwischen den pythagoreischen Zahlentripeln auf die Variablen, mit denen sich Zahlen allgemein darstellen lassen. Der Begriff der Variable muss nicht schon vorher bekannt sein, sondern er wird entsprechend des genetischen Prinzips zwangsläufig gebildet werden müssen. Während der Untersuchung der Tripel werden vielleicht Zahlen gefunden, die weder „ganz“ sind, noch durch Brüche ganzer Zahlen darzustellen sind, die sogenannten irrationalen Zahlen. Die Frage der Unendlichkeit des Dezimalbruches der Wurzel aus 2 (siehe 3.3.4) kann gestellt und untersucht werden. Somit ist schon der erste Schritt zu den Grenzwerten und zur Infinitesimalrechnung der Oberstufe getan. Die Beispiele ließen sich fortsetzen, an manchen Stellen wird wieder das Tor zu anderen Gebieten, eventuell gar fächerübergreifend, geöffnet.

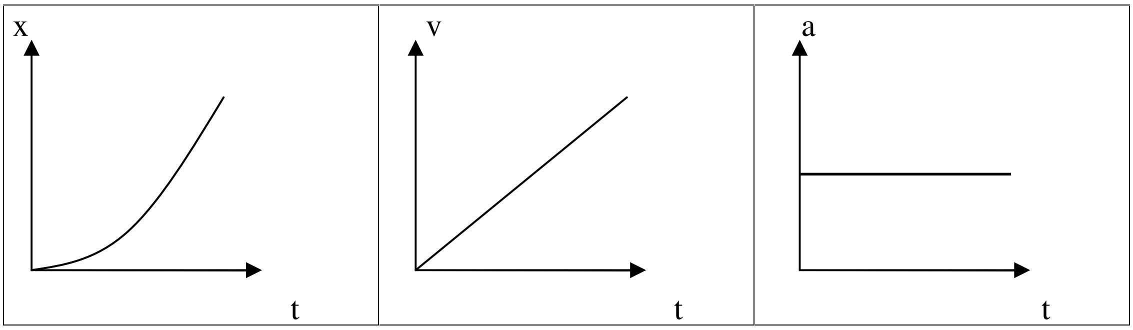
3.3.8 Die Einführung in die Differentialrechnung (eigenes Beispiel)

Die Differentialrechnung ist ein Thema, auf dem die Oberstufenalgebra aufbaut, ist also in sofern exemplarisch.

Der Einstieg ist wohl am anschaulichsten, wenn man vom Physikalischen ausgeht. Das heißt: Der Lehrer wird am Anfang versuchen, dieses Thema auf Grund des offensichtlichen Zusammenhangs zwischen Beschleunigung, Geschwindigkeit und Weg aufzurollen (Wenn man streng nach Wagenschein vorgehen wollte, müsste man schon früher einsetzen, um diese drei Begriffe, die eventuell im Physikunterricht schon genetisch erfahren worden sind, in Zusammenhang mit diesem Problem erst neu entstehen zu lassen; ich gehe davon aus, dass die Schüler diese Grundlagen schon kennen und verstanden haben!). Wenn man „Gas gibt", wird man schneller, wenn man „mehr Gas gibt", wird man in gleicher Zeit noch schneller. Im ersten Fall legt man einen bestimmten Weg zurück, im zweiten Fall ist dieser größer. Das ist ja jedem bekannt, ist auch nicht besonders aufregend. Wenn diese verschiedenen Größen aber zusammenhängen, dann gibt es bestimmt auch einen mathematischen Zusammenhang. Und diesen zu entdecken wird nun die Aufgabe des Kurses sein.

Der Lehrer könnte fragen, was für Körper beschleunigt werden. Diese simple Frage wird die Schüler erst auf einige lebensnahe Beispiele führen, wie das Auto, wenn man „Gas gibt", die „Kugelbahn", mit der manch einer als kleines Kind gespielt hat, das Fahrrad, wenn man stärker in die Pedale tritt, oder, wenn man mit dem Fahrrad einen Berg hinabrollt und „von selbst" immer schneller wird. Vielleicht kommen die Schüler selbst auf die Idee, Messungen zur Beschleunigung am Hang durchzuführen; vielleicht könnte sie der Lehrer so motivieren, dass sie die Messungen nachmittags in der Freizeit durchführen (sachliche Motivation), am besten unter Anleitung des Lehrers, da hier sehr viele Fehler vermieden werden müssen. Hier kann man die Länge des Hangs (→ Weg-Zeit-, x-t-Diagramm) und mit Hilfe eines Tachometers die Geschwindigkeiten zu bestimmten Zeiten (→ Geschwindigkeits-Zeit-, v-t-Diagramm) bestimmen. Einfache Zeitmessungen mit Stoppuhren komplettieren die Ergebnisse. Bei der Auswertung wird man schon zu der Erkenntnis kommen, dass diese Beschleunigung am Hang unter Berücksichtigung der Messungenauigkeiten relativ konstant ist (→ Beschleunigungs-Zeit-, a-t-Diagramm). Dieses „Experiment" auf die „Schiefe Ebene" zu übertragen, ist der nächste Schritt, mit den Messgeräten der Schule werden exaktere Ergebnisse als am Berg erzielt werden.

Man kann nun die Messwerte in Diagrammen darstellen:



Der Schluss auf einen quadratischen Zusammenhang zwischen x und t ist nicht mehr fern, sowie der lineare zwischen v und t. a hängt offensichtlich nicht von t ab, ist also konstant. Die Formeln, die z.T. schon bekannt sind, können in Abhängigkeit von a und t erstellt werden:

$$x(t)=\frac{1}{2}\bullet a\bullet t^2$$

$$v(t)=a\bullet t$$

$$a(t)=a$$

Durch Vergleich der Einheiten und anderweitiges experimentieren, wird man mit Unterstützung des Lehrers auf den differentialen Zusammenhang kommen und später eventuell die allgemeine Formel $(x^n)'=n\bullet x^{n-1}$ finden. Alles kann nicht von den Schülern selbst gefunden werden. Deshalb könnte man an dieser Stelle, wo man ja die Anteilnahme der Schüler erreicht hat, ansetzen und über alles weitere, was in Bezug auf die Differentialrechnung wichtig ist, informieren.

4. Bedeutung

4.1 Kritik

Im Folgenden sind die Kritikpunkte und Einwände, die am häufigsten gegen die genetisch-exemplarisch-sokratische Lehre vorgebracht werden, angeführt. Die Gegenargumente Wagenscheins seien hier aber nicht vernachlässigt.

Ein häufiger Einwand ist, bei genetischem Unterricht würde der Schüler zu wenig „lernen". In der modernen Welt, in der sich das Wissen permanent vermehrt, sei eine Fülle von Kenntnissen notwendig. Diese könne durch genetische Lehre allein nicht gewährleistet werden. Das räumt auch Wagenschein selbst ein, der ja auch nicht gesagt hat, man solle nur genetisch unterrichten. Die genetische Lehre kann nur an wenigen, sorgfältig ausgewählten exemplarischen Beispielen angewandt werden und fordert daher einen Lücken schließenden, informativen Unterricht.

Was sich in der modernen, technisierten Welt als schwierig erweisen sollte, ist es, wie es die genetische Lehre in der Physik fordert, von einem Naturphänomen, das in der alltäglichen Umgebung anzutreffen ist, auszugehen. Heute sind Kinder technischen Geräten und Laborphänomenen verbundener als der Natur. Daher sei genetische Lehre nicht zeitgemäß. Den Veränderungen in der Gesellschaft kann sich die genetische Lehre aber anpassen. Man kann das Naturphänomen ergründen, aus dem technische Apparate und Laborerscheinungen hervorgegangen sind und so unterscheiden lernen zwischen natürlichen und vom Menschen entwickelten, künstlichen Erscheinungen. Es wird einer Selbstverständlichkeitsauffassung von der heutigen Welt, die man ja genauso gut als gegeben hinnehmen könnte, entgegenarbeitet. So leistet auch ein an die veränderten Zeitumstände angepasster genetischer Unterricht einen wesentlichen Beitrag zur Bildung.

Ferner muss man fragen, ob ein genetischer Unterricht den Anforderungen der modernen Welt und besonders denen der Wirtschaft gerecht werden kann. Wagenscheins Antwort lautet: „Ja", denn produktives Denken, kritisches Urteilsvermögen und selbständiges Arbeiten kann der wirtschaftlichen Entwicklung nur hilfreich sein. Es sind ständig neue Lösungskonzepte von Nöten, die eben diese Fähigkeiten einfordern. Außerdem ist nicht der Mensch für die Wirtschaft da, sondern die Wirtschaft ist da, um Bedürfnisse des Menschen zu befriedigen. Wagenschein geht es in erster Linie um den Menschen selbst, nicht um nur wirtschaftliche Notwendigkeiten.

Ein gewichtiger Kritikpunkt an Wagenscheins Lehre selbst sind die hohen Anforderungen, die ein Lehrer, der genetisch unterrichtet, erfüllen muss. Es wird eine genaue, sehr tiefgehende Sachkenntnis vorausgesetzt. Aus den fehlerhaften Lösungsvorschlägen der Kinder können eventuell doch Schlüsse gezogen werden, welche nur ein fähiger Lehrer heraushören kann. Der Lehrer muss extrem flexibel sein, da jedes Unterrichtsgespräch ja völlig anders verlaufen kann und so das vorbereitete Konzept und die vorgedachten Wege umgeworfen werden können. Die sokratische Lehre, das Anspornen des produktiven Denkens der Schüler, das Erziehen zur selbständigen Kritik erfordert höchstes Engagement und höchste Kompetenz des Lehrers. Wagenschein sagte auch, dass das schwierig ist, „ich sage überhaupt nicht, dass ich das kann ... Das heißt nur, dass es das Idealbild ist, gegen das man immer wieder verstößt.“(27) Und im Versuchen wird man weiterkommen, man wird Fehler machen und daraus lernen, wenn man sich an diesem Idealbild orientiert. Man muss nicht perfekt sein, um genetisch und sokratisch lehren zu können.

Ein weiterer Kritikpunkt sind manche Folgen von Wagenscheins Reformversuchen. Unter dem Argument, man könne ja exemplarisch lehren, da es ja nur auf die Methode, nicht auf den Inhalt des jeweiligen Sachverhaltes ankomme, wurden Stoffbeschränkungen durchgesetzt, die laut Muckenfuß einer gründlichen naturwissenschaftlichen Bildung entgegenlaufen. Er räumt zwar ein, dass eine derartige Erosion ganz und gar nicht im Sinne Wagenscheins war, wirft ihm aber vor, er habe, wie übrigens auch Kerschensteiner, ein bedeutender Didaktiker, der ähnliche Reformpläne hatte, die Frage der Stoffbeschränkung nicht systematisch bearbeitet, was zu diesem Missverstehen seiner Theorien führte.

Ein schwerwiegender und nicht leicht zu widerlegender Einwand ist, dass Wagenschein von falschen Voraussetzungen ausgeht. Wagenscheins Unterricht ist auf Sinneserfahrungen aufgebaut. Von diesen kann man einen bruchlosen Weg bis zur physikalischen Theorie besteigen. Die unmittelbaren Naturerfahrungen sind aber oft nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmend. Meist ist ein geistiger Sprung unumgänglich, um zu einer physikalischen Theorie zu kommen. Physikalische Ideen entstehen nicht zwangsläufig auf Grund von sinnlichen Wahrnehmungen, sondern sie stehen diesen häufig entgegen. Anhand eines Zitates von Georg Christoph von Lichtenberg, auf den sich Wagenschein selbst oft beruft, wird dies deutlich: „Bei den Sonnenuhren stehen die Schatten still und die Uhren drehen sich.“(9) Da man unmittelbar durch die Sinneseindrücke erfährt, dass sich die Sonne um die Erde zu drehen scheint, scheint sich auch der Schatten zu drehen. Aber wenn man aus dem Bezugssystem der Erde heraustritt und die Sonnenuhr kopernikanisch betrachtet, dann erkennt man, dass sich der Schatten deswegen „bewegt“, weil sich die Erde um die eigene Achse dreht. Und das ist keine unmittelbare Naturerfahrung. Muckenfuß bringt in seiner

Argumentation weitere Beispiele, die „die Allgemeingültigkeit dieser Diskrepanz zwischen Erfahrung und Theorie“(9) verdeutlichen. Dieser Satz ist wohl etwas hoch gegriffen: obwohl die Beispiele, die Muckenfuß anführt, wie die Ruhe als Sonderfall der Bewegung, wie die schiefe Ebene, in der man schwierig die Gesetzmäßigkeiten des freien Falls erkennen könne, dafür sprechen, dass nicht immer ein bruchloser Weg von Erfahrung zu Theorie möglich ist, vergisst er dabei, dass es eben doch Phänomene gibt, wo dieser Erkenntnisweg beschritten werden kann; Wagenschein hat in seinen Niederschriften genügend ausführliche Belege, die aus seinem großen Erfahrungsschatz stammen, gegeben. Wagenschein gesteht ebenfalls ein, dass nicht jede beliebige Erscheinung für genetischen Unterricht geeignet ist, darum das exemplarische Prinzip. Außerdem wird in Muckenfuß‘ Argumentation vergessen, dass Wagenschein darauf hinweist, man könne als Lehrer auch mal auf die Sprünge helfen. Dies stellt er in seinem Dialog in „Die periodische Struktur des Lichtes“(2) dar: Ein Physiker führt einen Laien von der Lichterscheinung in der Natur zur physikalischen Apparatur, mit der die Periodizität des Lichtes nachgewiesen werden kann. Dass Wagenscheins Lehre nicht so einfach zu pauschalisieren ist, sondern viele Eventualitäten und Ausnahmen zulässt, zeigen die verschiedenen gut und weniger gut geeigneten Sachverhalte, die er anführt. Ein abschließendes Beispiel, welches er in einem Seminar für den Unterricht vorschlug, obwohl es nicht ganz unmittelbar ist: „Bei partieller Mondfinsternis liegt der Schatten der Erdkugel auf dem Mond. Der Schatten-Grenze sieht man die Erdkrümmung an. Wenn man den Schatten über den Mond hinaus ergänzt, hat man einen kreisförmigen Schatten und schließt daraus, dass wir auf einer Kugel sitzen.“(2)

4.2 Aktualität

Um die Aktualität der Wagenscheinschen Anliegen näher behandeln zu können, werde ich zuerst auf die Auswirkungen der reformpädagogischen Bewegung auf die heutige Schule eingehen. Im Jahre 1968 wurde eine weit reichende Schulreform durchgeführt. Die gymnasiale Oberstufe, wie wir sie heute kennen, ist eine der Folgen. Den Schülern ist es seitdem möglich für die letzten beiden Schuljahre Grund- und Leistungskurse zu wählen, zwischen Fächern muss nun auch ausgewählt werden, kleinere Klassen waren die Folge. Es wurden neue Lehrpläne und Richtlinien entwickelt. Inwieweit Martin Wagenscheins dreigeteiltes Prinzip in diese Lehrpläne verarbeitet wurde, hat Heide Oehlerking-Bähre in ihrer Doktorarbeit untersucht. Es stellte sich heraus, dass das exemplarische Prinzip „ohne jede Einschränkung“ (7) einbezogen wurde, auch wenn ähnliche Begriffe, wie repräsentativ oder paradigmatisch, vorgezogen wurden. Das von Wagenschein als noch wichtiger eingeschätzte genetische Prinzip wurde nicht in gleichem Maße eingebaut, obwohl die exemplarische Lehre eng mit der genetischen verbunden ist und eigentlich aus ihr heraus erst notwendig ist. Die Leistung Wagenscheins den Prozessgedanken, der auch von anderen in ähnlicher Weise entwickelt wurde, gleichermaßen historisch, psychologisch und pädagogisch-didaktisch auszulegen und ihn zugleich mit seinen anderen beiden Prinzipien zu verbinden, ist hoch einzuschätzen, auch wenn sie von den meisten Pädagogen bis heute kaum gewürdigt und praktisch umgesetzt wird. Die sokratische Lehre hat kaum Spuren hinterlassen, kann aber von Lehrern auch ohne in Richtlinien berücksichtigt worden zu sein angewandt werden. Dennoch ist es dem Lehrer auch in der heutigen Schulsituation möglich, zumindest annähernd genetisch zu unterrichten. Wagenschein hat in „Verstehen lehren" Ratschläge dazu gegeben.

Die Veränderungen hatten aber nicht die positiven Auswirkungen auf die Bildung in Deutschland, die sich Wagenschein und die anderen Reformpädagogen erhofft hatten. Die internationale Spitzenposition in Sachen Bildung hat Deutschland schon lange abgeben müssen, wir finden uns jetzt erst im Mittelfeld wieder: 1997 belegte Deutschland in einem internationalen Test zum Vergleich der Rechenfertigkeiten zwischen 41 Staaten einen „blamablen 25. Platz"(28). Auch in einem Mathe-Test 1998 unter Abiturienten von 24 Staaten schnitten die Deutschen nur mittelmäßig ab. Bei einem derartigen Test sollen Lehrer schon einmal die Anweisung bekommen haben, den Schülern unter die Arme zu greifen, um insgesamt nicht gar zu schlecht dazustehen. Schon vor ca. 40 Jahren hat Wagenschein derartige Tendenzen bemerkt und genauer untersucht (siehe 3.1.2). Der Bildungsnotstand in Deutschland zeigt sich auch an anderen Stellen. Die Schulen sind veraltet, die Möglichkeit Computer einzusetzen wird zu wenig ausgenutzt, auch hier liegen wir weit hinter den führenden Ländern zurück. So ist auch die viel beklagte Studentenschwemme nach neuesten Studien gar nicht so zu fürchten, sondern ganz im Gegenteil: „Studien belegen eindeutig, dass wir bei den Studentenzahlen deutlich zulegen müssen, wenn wir unsere Wettbewerbsfähigkeit in den wichtigen Technologiebereichen beibehalten wollen."(23) Auch die Oberstufenreform hat nicht zu höherer Leistung beigetragen, sondern ganz im Gegenteil: die Schüler können sich jetzt ein Programm zusammenstellen, um auf möglichst einfache Art und Weise das Abitur mit möglichst guten Punktzahlen abzulegen, was schließlich eine allgemeine Niveausenkung zur Folge hatte. Worauf ist es aber zurückzuführen, dass die Reformen keine Wirkung hatten, sondern dass die Bildung in Deutschland zu verkümmern scheint? Was ist in Deutschland falsch gelaufen? Was haben andere Länder, was Deutschland nicht hat?

Zum einen gibt es beschwichtigende Meinungsäußerungen, nach denen für die deutschen Schüler einfach kein Anreiz da war, diese Tests möglichst gut zu absolvieren. Daher sollen bei derartigen Studien in Zukunft die Prüfungen mit Noten für die Schule bewertet werden. Dann würden die deutschen Schüler gewiss besser abschneiden. Die Testergebnisse werden also nicht von allen Fachleuten übermäßig ernst genommen, aber ein schlechter Beigeschmack bleibt dennoch. Es kann ja nicht nur an dem fehlenden Notendruck liegen.

Viele Politiker fordern einen leistungsorientierteren, „traditionellen, effektiven Fachunterricht ... lehrerorientiertes Lernen statt Gesprächsrunden“(28), wie es im traditionsliebenden Bayern, welches in den Tests deutschlandweit meist mit vorne liegt, noch am ehesten, aber auch nicht genügend der Fall ist. Die Missstände sind aber nicht etwa eine Folge der Wagenscheinschen Pädagogik, sondern eine Folge des Missverstehens der Wagenscheinschen Anliegen: Man ist offensichtlich über das Ziel hinausgeschossen und hat, nachdem Deutschland die internationalen Schulreformswellen verpasst hat, schlicht und einfach übertrieben. Dazu einige Zitate, die dies belegen sollen:

Unruh, Experte aus Hamburg: „Es ist ein entscheidender Systemfehler, dass alle Lehrpläne in allen Schulformen in allen Bundesländern viel zu voll sind. Sie beinhalten zu viel Stoff, dessen Relevanz nicht überzeugend belegbar ist.“(28)

Holzapfel, Minister in Hessen: „Im Beibringen von Routinestoff sind wir ganz gut, die Defizite liegen in der Anwendung des Wissens.“(28)

Behler, Ministerin in Nordrhein-Westfalen: „Wir brauchen mehr problemlösendes Denken und nicht so sehr das Starren auf das korrekte Ergebnis.“(28)

Sind das nicht Inhalte, die Wagenschein in seiner Lehre forderte? Ist nicht Stoffbeschränkung aufs Wesentliche eine seiner zentralen Forderungen gewesen? Wird nicht gerade problemorientiertes Denken bei richtig angewandter Theorie Wagenscheins gefördert?

Lösungsansätze sind bereits in Planung. So wird momentan rege über eine Reform von Haupt- und Realschule diskutiert, in Diskussionen über den Beamtenstatus des Lehrers wird darüber beratschlagt, wie es zu bewerkstelligen sei, dass auch Lehrer Leistung bringen müssen. Wegen der relativen Erfolglosigkeit einstiger Reformen tendiert man jetzt eher zu einer Rücknahme oder Korrektur. So werden die gymnasiale Oberstufe und das Abitur ständig neu überdacht und punktuell korrigiert. Veränderungen, die die Schülermitverantwortung der einzelnen Schulen betreffen, sollen die Schüler durch Einbeziehung in schulische Fragen zur aktiven Mitarbeit am Leben in und um die Schule herum motivieren. Es muss in Zukunft auch geforscht werden, welche Veränderungen in den Lehrplänen und Richtlinien zu einer Verbesserung des Bildungsstandortes Deutschland führen können. Inwieweit die Wagenscheinschen Theorien einen Beitrag dazu leisten, wird die Zukunft zeigen.

5. Stellungnahme

Mit Wagenscheins Ansichten über Erziehung, Lehren und Lernen liegt uns ein idealisiertes, stark humanistisch angehauchtes Bild vor, von dem wir heute offensichtlich weiter, als es noch zu Wagenscheins aktiver Zeit der Fall war, entfernt sind. Die Gesellschaft hat sich mehr und mehr zu einer bequemen Wohlstands- und materialistisch geprägten Ellbogengesellschaft entwickelt. Schon Wagenschein selbst hat gesellschaftliche Strömungen nicht übersehen, die jetzt mehr denn je offenkundig werden: die Leistungs- und Arbeitsbereitschaft sinkt, die Motivation unter Lehrern und Schülern sinkt. Die Reizüberflutung durch die Medien und die stark konsumorientierte Lebensgestaltung drücken den Heranwachsenden ihren Stempel auf. Deshalb muss die Schule sich diesen Strömungen anpassen, um innerhalb dieser Bahnen möglichst großen Erfolg zu haben. Ist das aber wirklich so? Muss die Schule tatsächlich im Strom der Zeit mitschwimmen? Oder ist es eher von Nutzen, wenn man bewusst gegen den Strom schwimmt? Muss die Schule nicht ihrerseits versuchen mit den pädagogischen Mitteln, die sie zweifellos hat, diesen offensichtlich negativen Einflüssen entgegenzuarbeiten und so das Weltbild und die Lebenseinstellung der jungen Generation positiv zu beeinflussen?

Dass Wagenscheins Vorstellungen zwar idealistisch, aber keineswegs absolut unrealistisch sind, zeigen seine Erfahrungen, die er dokumentiert hat und die Lehrer, die nach seinen Maßstäben unterrichten, auch heute noch nachvollziehen können. Auch heute ist die Jugend nicht völlig abgestumpft und total verschlossen jedem Versuch des Lehrers gegenüber, den Unterricht anschaulicher zu gestalten und die Schüler zur eigenen aktiven Mitarbeit zu bewegen. Um in Wagenscheins Worten zu reden, werden die Kinder von Anfang an nicht sachlich motiviert, sondern ihnen werden lediglich unanständige, auf Konkurrenz ausgelegte Anreize gegeben, und so steht das Notenstreben über jeder Eigeninitiative und Arbeitsmotivation, da sie in den ersten Schuljahren schon im Keim erstickt worden sind. Er wollte „vom Vorrang des Verstehens ... überzeugen, und dass dies Verstehen zu geschehen habe als ein Hervorgehen des wissenschaftlichen aus dem kindlichen und dem jugendlichen Suchen und Finden, Denken und Entdecken ... Und zwar zur Rettung der Spontaneität und Kontinuität“(18).

In seinem letzten Vortrag in der Öffentlichkeit im September 1985, als er den Preis zur Pflege der Reinheit der deutschen Sprache verliehen bekam, äußerte er seine ganze Erbitterung im Hinblick auf die Entwicklungen in Schule und Gesellschaft in folgenden Sätzen: „Muss man so alt sein, muss man aus den zwanziger Jahren hierher kommen, muss man neun Jahre in der Odenwaldschule gelebt haben – oder Waldorflehrer sein oder Freund der freien Schulen? : Sieht es denn nicht jeder, dass es eine falsche Deutung, eine falsche Anthropologie des Kindes ist, wenn man behauptet, Kinder müssten zum Lernen gezwungen oder verführt werden, um dann mit dieser Begründung zu rechtfertigen: wahnhafte Stoffhuberei, verwirrende Zeitzerstückelung, selbsttäuschende Quantifizierung, schnell verfliegende Scheinleistungen? Damit: Zerstörung der ursprünglichen Lust am Verstehen und gemeinsamer Verständigung; statt dessen Erregung eines egoistischen Wettstreites.“(19)

Ich denke Wagenscheins Lehre ist zwar sehr idealistisch, aber nicht derartig illusorisch, dass man sich nicht an den positiven Inhalten und Zielen orientieren kann. Seine Untersuchungen und dokumentierten Erfahrungen haben gezeigt, dass seine pädagogischen Ansätze nicht erfolglos sind und dass es sich durchaus lohnen würde, manch einen Aspekt seiner Lehre in den Zukunftsplanungen für die Veränderungen der Schule zu berücksichtigen.

Literaturverzeichnis

1) Wagenschein M., Verstehen lehren, Weinheim und Basel, Beltz Verlag, 1997[11]
2) Wagenschein M., Hrsg. Berg H.C., Naturphänomene sehen und verstehen, Stuttgart und Dresden, Klett Verlag für Wissen und Bildung, 1995[3]
3) Schuberth E., Die Modernisierung des mathematischen Unterrichts, Erziehung vor dem Forum der Zeit Band 8, Verlag Freies Geistesleben, o.O., 1971
4) Redeker B. Martin Wagenschein – phänomenologisch gelesen, Schriftenreihe des Weltbundes für Erneuerung und Erziehung Band 2, Weinheim, Deutscher Studien Verlag, 1995
5) Egger H., Schulpraxis 12, Bern, Bernischer Lehrerverein, 1966
6) Köhnlein W., Die Pädagogik Martin Wagenscheins, o.O., 1973 (Doktor-Arbeit)
7) Oehlerking-Bähre H., Martin Wagenscheins Beitrag zur Pädagogik und Didaktik, Untersuchung des von ihm entwickelten g.-s.-e. Lehrverfahrens, o.O., 1992 (Dr.-Arbeit)
8) Heckendorn H., Die Ecole d`Humanité – eine 60jährige Gesamtschule, o.O., o.J.
9) Muckenfuß H., Grundpositionen Wagenscheins – kritisch hinterfragt, in: MNU, 1.12.96, 49/8
10) Muth A., Erinnerungen zum 100.Geburtstag von M.W., in: MNU, 1.12.96, 49/8
11) Rumpf H., Die Lust am Verstehen, in: FAZ, 3.12.86 (siehe Anhang)
12) Zinn A., Ein exemplarischer Lehrer, 1986 (s.A.)
13) Flitner A. und Thiel K., Ein Sokrates im zwanzigsten Jahrhundert, in: Geistesleben, 11.11.1988 (s.A.)
14) Traxler I., Mit dem denken der Kinder verbündet, in Erziehung und Wissenschaft, 5/1988 (s.A.)
15) Buck P. und Meyer E., Martin Wagenschein, in: Forum Pädagogik, 2/1988 (s.A.)
16) Feuck J., Auf Tuchfühlung mit kindlichem Denken, in: Frankfurter Rundschau, 4.10.1996 (s.A.)
17) Kohl und Eisenhauer, Lebenslauf Martin Wagenscheins
18) Köhnlein W., M.W.: Perspektiven für morgen, in: NIU-P/C, 1988, Nr. 39 (s.A.)
19) Rumpf H., Vergessen?, in: Die Grundschulzeitschrift, 17/1988 (s.A.)
20) Köhnlein W., Kinder verstehen und „Verstehen lehren“, in: SMP 16, 1988, Nr. 7 (s.A.)
21) o.V., Ehrendoktorwürde für Prof. Wagenschein, in: Darmstädter Echo, 2.2.1978 (s.A.)
22) Römer E., Er hat Generationen das Lehren gelehrt, in: Darmstädter Echo, April 1988 (s.A.)
23) Ehrenberg T., Steht Deutschland dumm da?, in: TV Hören und Sehen, 1/99 (s.A.)
24) Umlauft J., Real- und Hauptschulen vor einschneidenden Reformen, in: Frankenpost, 8.1.99 (s.A.)
25) 20. Kolloquium der Mathematikdidaktik der Uni Bayreuth, 11.7.1971
26) Beiheft zum Tonband (s.A.)
27) Textkopie eines Videofilms (s.A.)
28) Metzner W. und Olfen I., Der Bildungstest, in: Stern, 4/99 (s.A.)

Abbildungen sind meist aus [1] übernommen.