

Martin Wagenschein

## Zum Problem des Genetischen Lehrens\*

[W172]

Einige Erfahrungen und Überlegungen möchte ich hier vortragen zugunsten einer Lehrweise und einer Art des Lehrgangs, die man „Genetisch“ nennen kann. Vielleicht sollte ich aber gleich deutlicher sagen: genetisch-sokratisch-exemplarisch. Obwohl ich mich dreier Worte bedienen muss, um vorläufig zu kennzeichnen, was ich meine, so glaube ich doch, dass es etwas in sich Einheitliches ist. Wenn man nach einer einzigen Bezeichnung sucht, ist es mit dem Wort *Genetisch* am ehesten getroffen. Es ist in dieser Dreiheit führend:

***Genetisch***  
  
**genetisch-sokratisch-exemplarisch**

Es gehört zur Grundstimmung des *Pädagogischen* überhaupt. Pädagogik hat mit dem werdenden zu tun: mit dem werdenden Menschen und – im Unterricht, als Didaktik – mit dem Werden des Wissens in ihm. 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. Und umgekehrt: ein streng exemplarisches Verfahren muss „*Genetisch*“ sein. Denn die besondere Art „Gründlichkeit“, die zu ihm gehört, ist erst mit dem Attribut des „Genetischen“ ganz erreicht.

Man bemerkt hier, und das wird die Verständigung erleichtern, dass das in diesem Sinne *Genetische* Prinzip andere Verfahren, so auch das meist übliche, das ich vorläufig einmal als das „*darlegende*“ bezeichne, nicht ausschließt, sie vielmehr sinnvoll erst ermöglicht, indem es sie gewissermaßen trägt. – Ehe ich zu Beispielen komme, sind einige Vorbemerkungen nötig.

### „*Formatio*“

Ich spreche von einem Unterricht, dessen Ziel (wenn auch nicht sein einziges) das ist, was wir unter uns Deutschen „allgemeine Bildung“ genannt haben. Dieses abgegriffene Wort möchte ich – aus Respekt vor dem, was es meint – gern etwas ruhen lassen und es hin und wieder durch das nüchternere „*Formatio*“ ersetzen, zur Unterscheidung von „*Informatio*“ (oder „Orientierung“) und von „*Deformatio*“, der „deformation professionelle“. (Ich bin übrigens nicht der Meinung, dass der heute so notwendige Spezialist ein in diesem Sinne Deformierter sein müsse.)

Es ist, zum Glück, für unser Vorhaben nicht nötig, diese *Formatio* vollständig zu definieren. Es genügt, wenn ich drei notwendige Tugenden nenne, von denen ich meine, dass sie gerade heute von den Gebildeten erwartet werden sollten<sup>1</sup>:

1. *Produktive Findigkeit*. Auf die erste – und ihre Seltenheit – deuten Äußerungen aus Kreisen der Wirtschaft hin, über das, was man dort an Abiturienten nicht selten vermisst. – „Sagen Sie uns bitte, was wir tun sollen!“, dieser Satz, so las ich einmal, bezeichne ihre, der Abiturienten, bereitwillige Haltung: ihre Hoffnung nämlich, in der neuen Umwelt vertraute Einzelaufgaben gezeigt zu bekommen, bei denen Kenntnisse, die sie hatten, angewandt werden könnten. Nun scheint man aber etwas anderes mehr zu brauchen, und nicht nur dort, sondern überall in den höheren Rängen, denen sich das Gymnasium besonders verpflichtet fühlt: den unbefangenen aber wachen Blick für das Ganze einer, gerade *unge*wohnten, Situation. Nicht also das starre Suchen nach dem Wiederfinden mitgebrachter Schemata, sondern, im Sinne der modernen Psychologie, den gelockerten Blick für das Charakteristische neuer „Gestalten“<sup>2</sup>. Kurz, wir brauchen Menschen, denen vor neuen Aufgaben etwas Klärendes einfällt, und gerade auch vor Aufgaben, die sie selber entdecken. Anspruchsvoller formuliert: Menschen, die gelernt haben, „produktiv“ zu denken. Im Sinne *Max Wertheimers* ist das ein Vermögen, das nicht dem Genie vorbehalten ist, wenn es auch in ihm seine höchste Steigerung erreicht. Es ist etwas in uns allen mehr oder weniger, besonders stark aber in noch unbeschädigter Kindheit, Bereitstehendes gemeint; eine im darlegenden Unterricht selten ansprechbare und darum oft versiegende Potenz, die mit dem bekannten Terminus des „selbständigen Denkens“ nicht genau genug getroffen ist. Seit Wertheimer es an eindringlichen Beispielen analysierte<sup>3</sup>, hat es an Mystik verloren und an Lehrbarkeit gewonnen. Ist es nicht gerade das, was uns in unserem Wissenswohlstand nicht abhanden kommen darf?

Die moderne Psychologie definiert „*Begabung*“ geradezu als die Fähigkeit, spontan, das heißt: „produktiv aus sich selbst lernen zu können“<sup>4</sup>. *Dieses* Lernen muss in der Schule gelehrt und darf nicht geschmälert werden. Denn wir wissen heute auch, dass „*Begabung*“, ja sogar „*Intelligenz*“ nicht angeborene Konstanten sind, sondern plastische Anlagen, *erwartende*

---

<sup>1</sup> Es gibt also noch andere. So erwähne ich nicht das Verfügen-Können über inhaltliche Kenntnisse, zumal es ja auch für den Informierten wesentlich und bei Deformierten das Störende gerade nicht ist.

<sup>2</sup> Wenn man, was ich nicht für glücklich halte, diese Tugend als „*Wendigkeit*“ bezeichnet, so darf man sie jedenfalls nicht verwechseln mit der passiven Bereitschaft, die unsere abwegige Unterrichtsorganisation allzu sehr züchtet: alle Stunde auf etwas ganz anderes sich umschalten zulassen: eine Umkip-Bereitschaft

<sup>3</sup> Max Wertheimer: *Produktives Denken*, übers. v. Wolfgang Metzger, Frankfurt 1957. – Wolfgang Metzger: *Schöpferische Freiheit*, 2. Aufl. Frankfurt, 1962.

<sup>4</sup> Heinrich Roth: *Jugend und Schule zwischen Reform und Restauration*, Hannover 1961, S. 88.

*Potenzen*, die durch Schicksal und Erziehung ebenso „gestiftet“ wie auch verödet werden können.\*<sup>5</sup>

2. „*Enracinement*“. Eine zweite Tugend des Gebildeten möchte ich vorstellen durch ein Zitat aus den Schriften von Simone Weil<sup>6</sup>: „Heutzutage kann ein Mensch den sogenannten gebildeten Kreisen angehören, ohne einerseits die geringste Vorstellung zu besitzen, worin das Wesen der menschlichen Bestimmung liegen könnte, oder andererseits etwa zu wissen, dass nicht alle Sternbilder zu jeder Jahreszeit sichtbar sind. Man ist gewöhnlich der Ansicht, ein kleiner Bauernjunge, der nur die Volksschule besucht hat, wisse darüber mehr als Pythagoras, weil er gelehrig nachplappert, dass die Erde sich um die Sonne dreht. In Wirklichkeit betrachtet er die Gestirne nicht mehr. Jene Sonne, von der im Unterricht die Rede ist, hat für ihn nichts gemein mit der Sonne, die er sieht. Man reißt ihn aus dem Allgesamt seiner Umwelterfahrungen heraus.“

„Man reißt ihn aus dem Allgesamt seiner Umwelterfahrungen heraus.“ – Was diesem kleinen Bauernjungen fehlt (verweigert ist) und (in diesem Fall, wie wir mit einiger Betroffenheit spüren) wohl fast Allen, auch sogenannten Gebildeten, der zivilisierten Welt, nennt sie (weit gefasst und nicht auf Naturwissenschaft beschränkt, am stärksten wohl auf die Geschichte bezogen) „*enracinement*“, „Einwurzelung“. Ebenfalls ein beschädigtes Wort; wer aber Näheres über die geniale französische Jüdin *Simone Weil* weiß, kommt nicht in Versuchung, hier an so etwas wie „Blut und Boden“ zu denken. Der Begriff des *Enracinement* scheint mir für die *Formatio* und das genetische Unterrichtsprinzip zentral zu sein. Ich komme auf ihn zurück.

3. *Kritisches Vermögen*, Zu diesen beiden formativen Tugenden:

1. Problemlösende Einfälle haben (produktiv denken) können, und
2. eingewurzelt sein, und *bleiben*, in dem Gesamt der primären Umwelt, ordne ich nun erst, mit beiden verbunden, das kritische Vermögen: eine sichernde und dem produktiven Finden Schritt für Schritt nachfolgende Instanz. Darüber erst später mehr.

---

<sup>5</sup> Ein Umstand, der bei der Diskussion um die sogenannte Ausschöpfung der Begabungsreserven von der Öffentlichkeit noch nicht genug gekannt und beachtet wird. Es kommt nicht nur darauf an, in welche Art Schule ein Kind gerät, sondern auch darauf ob es dort, wie man geradezugesagt hat, „begabt wird“. Hiermit hängt das Problem des „vorzeitigen Abgangs von weiterführenden Schulen“ zusammen, auf das Ralf Dahrendorf aufmerksam gemacht hat in seinem Buch „Bildung ist Bürgerrecht“ (Die Zeit-Bücher, 1965) S. 82 ff. – Unter den bemerkenswerten Leserzuschriften, die nach der ersten Veröffentlichung dieses Kapitels in der ZEIT abgedruckt wurden (am 7.1.1966), scheint mir die von Fritz Uplegger dem Kern am nächsten zu kommen: „Die deutsche gymnasiale Bildung wird trotz allen anerkannten Eifers der Studienräte und trotz alles Zensuredruckes erst einmal so offensichtlich in Leistungszerfall geraten müssen, dass kein Leugnen mehr hilft, und man als unvermeidlich anerkennen muss, dass nur noch radikale Rückkehr zum Spielraum des eigenen jugendlichen Lerneifers (samt seinem Risiko!) die Qualität des höheren Bildungsganges und seines Zieles einer echten Studierfähigkeit wiederherstellen kann. Dann wird die Zahl wirklich qualifizierter Abiturienten steigen. Aber vermutlich nur dann.“ –

<sup>6</sup> Simone Weil: Die Einwurzelung, München 1956, S. 75.

## *Darlegendes und genetisches Lehren*

In den folgenden Beispielen stelle ich dem genetischen Unterricht den vorwiegend üblichen gegenüber, den ich also „*darlegend*“ nennen möchte. „*Dogmatisch*“, wie man manchmal sagt, wäre nicht treffend, denn der Schüler braucht in ihm nicht rezeptiv zu bleiben und kann vom Denken Gebrauch machen. Ganz irreführend wäre es, nur ihn als „*systematisch*“ zu bezeichnen, denn auch das genetische Verfahren hat immer das Ziel, Ordnung zu stiften.

Nur ist die Entdeckung des Systems (besser: der Systematisierbarkeit eines Gegenstandsbereiches) psychologisch und pädagogisch gesehen, etwas ganz anderes als die Kenntnisnahme (auch die verstehende), der dem Fachmann vorliegenden (nicht dem Anfänger) fertigen Strukturen: mit Hilfe von Denkwerkzeugen, die zu diesem Zweck (dem Schüler nicht erkennbaren Zweck) vorher eingeübt werden. Dieses darlegende Lehren ist vergleichbar der Führung durch eine geordnete Ausstellung der Funde einer abgeschlossenen Expedition. Dabei kann sie eine gute Führung sein, indem sie den Geführten zu Worte kommen, fragen und verstehen lässt, und ihm sogar Aufgaben stellt, die ihm kleinere Schritte selbsttätig zu tun erlauben.

Für das genetische Verfahren folge nun als

### *1. Beispiel: Erdgeschichte*

Wie wird ein *darlegender* Lehrgang für dieses Thema gebaut sein? Er wird von „außen“ heranzuführen an das schon geklärte, fertige, dem Lehrer in Raum und Zeit transparente Erdbild. Er wird vielleicht zuerst, wie von weither kommend, die Kugelgestalt ins Auge fassen, etwas vorausschicken über die mutmaßliche Entstehung des Erdballs, um dann die einzelnen Teile seiner Schale, geordnet nach Aggregatzuständen, vorzunehmen: Gesteinshülle, Gewässer, Atmosphäre.

Ein *genetischer* Lehrgang nun wird etwa dieselben Tatsachen und Theorien – nicht „bringen“, sondern – entdecken lassen. Er meint die eigentliche, die *lebende*, nicht die ihre Funde sichernde und zur Nutzung übersichtlich *verwaltende* Wissenschaft. Er verlässt sich darauf, „*dass uns die Betrachtung der Natur zum Denken auffordert*“<sup>7</sup>.

Er braucht dazu, am Anfang, eine weittragende Frage, die sich dem unbefangenen, aber wachen Menschen aufdrängt aus der ruhigen, von Vorkenntnissen nicht geleiteten und auch nicht belasteten, Betrachtung der originalen Sache selbst. Das ist hier die Landschaft. Und zwar in ihrer Veränderung. – Während der darlegende Lehrgang dazu neigen wird, zuletzt erst auf die Veränderungen durch die a) „exogenen“, b) „endogenen Kräfte“ zu kommen, und dann erst auf die Vergangenheit der Erde, wird der genetisch vorgehende sich sofort von den zeitlichen Fragen in Bewegung setzen lassen, weil sie uns ungerufen bedrängen und beunruhigen. Denn sie rühren an unsere eigene Vergänglichkeit. Der Lehrer hat die Aufgabe, solche Fragen in einer Schülergruppe virulent zu machen, ohne sie auszusprechen. In unserem Fall gibt es wohl viele Möglichkeiten. Ich berichte über eine, an Sekundanern erprobte; jungen Leuten also, die schon viel draußen herumgelaufen sind.

---

<sup>7</sup> Goethe am 12. Mai 1801 an Steffens. (Zitiert nach A. Flitner: Goethe an Wilhelm von Humboldt, in: Goethe, Jahrbuch der Goethe-Gesellschaft, Weimar, 1965.)

Bei uns überwiegen die einebnenden, die „exogenen“ Kräfte. Ohne etwas zu sagen, und ohne Eile, zeigte ich Lichtbilder in großer Zahl, auf denen zu sehen waren: Geröllhalden, Felsstürze, Lawinen, Gletscher, Moränen, Flusstäler, Wasserfälle, Brandungsküsten, Deltas und so fort; und zwar durcheinander. Die Schüler konnten dazu sagen, was ihnen einfiel, auch Fragen stellen; die ich aber nicht beantwortete.

Nach einiger Zeit konvergierten diese Fragen auf eine, umfassende, alle Bilder betreffende, eine Frage, die nicht in die Vergangenheit, die in die Zukunft blickt, nämlich: „Wie soll das enden? Alles geht zu Tal. Wird eine Zeit ohne Berge kommen?“ (Diese Vision ist ebenso beunruhigend wie die des sogenannten Wärmetodes.) Sie liegt offenbar nahe: in einem Kreis von nur etwa fünfzehn Studenten wurden allein zwei Fälle von Kindern berichtet, die sich dazu ihre eigenen – geheimen – Gedanken gemacht hatten.

### „Exposition“

Dies als Beispiel für die Möglichkeit, das vom Lehrer zuvor gewählte, aber nicht ausgesprochene Thema *zünden* zu lassen: die erste Phase eines streng sokratischen Verfahrens. Der Hebammenkunst muss die Sorge um die *Empfängnis* vorausgehen. Es nützt nichts, den Holzstoß zu schüren, bevor er sich entzündet hat. Der Lehrer spricht also die Frage nicht aus, aber er sorgt dafür, dass sie „sich aufwirft“, wie unsere Sprache so genau sagt; „sich erhebt“, „sich auftut“. Die *Sache* muss reden!

Es ist klar, dass der Lehrer dabei etwas *tut*. Nur wird seine Führung den Ehrgeiz haben, minimal zu sein. Sie besteht in unserem Beispiel nur in der *Exposition* ausgewählter alltäglicher Erscheinungen. Die Expositionszeit muss hier lang sein. Drängen des Lehrers zerstört alle Denk-Triebe sofort. Hier muss sie sogar besonders lang sein, denn das Exponierte verlangt ja solche Schüler, die „weiter denken“, die extrapolieren, in die Zukunft hinein, Nach-denkliche. Dann erst bedrängt sie etwas.

Bei anderen Themen kann diese Zündung viel schneller gehen: Wenn beim *Spülen* das unter Wasser gefüllte Glas, mit der Öffnung nach unten angehoben, oben schon herausragt, dann fließt das Wasser nicht aus, es bleibt hängen. Das ist, sagt Pascal, „étrange“, seltsam, befremdend: eine mögliche „Zündung“ des Kapitels „Luftdruck“. *Genetisch* entfaltet müsste es allerdings „Saugphänomene“ überschrieben werden und bei der Einsicht *enden*, dass wir „leben“, sagt Torricelli, „untergetaucht auf dem Grunde eines Meeres von elementarer Luft“. Ich kann diesen Lehrgang hier nicht verfolgen; er braucht viele Wochen. – Es kann auch (ein anderes Beispiel) als auslösender Faktor, als Impetus, eine Betroffenheit stehen gegenüber ; einer seltenen *Vollkommenheit*: Der Radius des *Kreises* lässt sich, wie es scheint, genau sechsmal außen herumspannen. Ohne Vorkenntnisse betrachtet, eine schöne Einladung zu einem genetischen Lehrgang in die ebene Geometrie hinein (Siehe S. 20). Auch diese Zündung dauert nicht sehr lange. – Langsam wieder, dagegen, schwelt die Unruhe, bis man oft genug probiert hat, welcher Bruch denn nun *genau 2* gibt, wenn man ihn mit sich selber multipliziert. – Allen diesen Beispielen von Zündung oder Empfängnis ist gemeinsam, wie in der lebenden Wissenschaft, eine Betroffenheit, eine Beunruhigung durch Ungewohntes, Absonderliches, Unstimmiges und der Wunsch, es einzuordnen. Diesen Drang haben alle gesunden Kinder.

## *Erdgeschichte, Fortsetzung*

Zurück zum geologischen Thema. Die Staunensfrage war hier: „Wie soll das enden?“ Nehmen wir an, sie habe „sich gestellt“. (Das abzuwarten fällt uns schwer, weil unsere Lehrerbildung nicht Geduld lehren darf, sondern „Tempo“ lehren muss infolge einer hilflos veralteten Unterrichtsorganisation: Kurzstunden in wirrem Wechsel). Ist es gelungen, so entsteht, von der Sache ausgehend, nicht vom Lehrer, ein Sog, der gewisse Teile des „Lehrstoffes“ ansaugt und entdeckt. Es entwickelt sich eine Kette von Einfällen, Nachprüfungen, neuen Fragen, und so fort. Sie entwickelt sich erfahrungsgemäß dann am zuverlässigsten (und damit komme ich auf die drei anfangs genannten formativen Tugenden zurück), wenn die ursprüngliche Frage *eingewurzelt* war; wenn wir die Geduld haben, auf die *produktiven* Einfälle zu warten; und wenn wir auf ihrer *kritischen* Prüfung bestehen.

In unserem Fall wird zunächst quantitatives Material verlangt und gesucht. Etwa: Der Niagarafall schreitet jährlich 1,5 m zurück, das Nildelta 4 m voran. Der Bodensee wird in 15 000 Jahren verlandet sein; es sei denn, wir verhindern es. Die U-förmigen Täler, die schwedischen Felsblöcke in Sachsen, die Bändertone und anderes induzieren die kühne Hypothese einer vergangenen „Eiszeit“; im Anfang des 19. Jahrhunderts noch heftig umstritten. Dabei wird ein Schritt in die Vergangenheit möglich: Der Niagarafall nagt schon 30 000 Jahre seit dem Rückgang des Eises<sup>8</sup>.

Im Ganzen verstärkt sich der Eindruck der fortschreitenden Einebnung und Versumpfung der Landschaft. Von selbst kommt die Gegenfrage: Gibt es keine *Gegenkräfte*? Woher sind die Berge gekommen? Sind sie etwa alle nur Erosionsinseln? An dieser Stelle erscheint nun zuerst immer derselbe und naheliegende Einfall: die *Vulkane* müssten es gewesen sein, die die Berge aufwarfen. Damit ist es sachlich motiviert (nicht weil es jetzt im Lehrplan steht), unter diesem Gesichtspunkt Verbreitung und Bau der Vulkane aus der Literatur und aus vielen Bildern zu studieren, auch ihre Gesteine und die erloschenen Vulkane. Ergebnis: Nein, sie sind Begleiterscheinungen, nicht die letzte Ursache.

Gibt es also vielleicht noch andere Kräfte in den Gebirgen? Man muss hineinsehen. Man besucht Steinbrüche, man fährt, wenn man kann, durch die Alpen oder man sieht Fotografien. Das entblößte Innere zeigt tatsächlich Spuren, wie es scheint gewaltsamer, doch nicht vulkanischer Erhebungen: Schichten sind da, meist Meeresablagerungen, waagerechte, aber auch gekippte, ja hoch gestellte und überkippte und sogar gefaltete. (Kann man Steine denn falten? Waren sie damals warm?) Schließlich noch: Brüche, Verwerfungen, und oft alles ineinander gemischt: Abradierte Falten etwa, Schichten darüber, und das Ganze in Verwerfungen zerbrochen. Ist es ein Wunder, dass angesichts solcher Bilder mit ziemlicher Sicherheit der Ruf laut wird: „Das müssen tolle Zeiten gewesen sein!“ Er entspricht der Theorie von Cuvier (1832 gestorben), die denn auch bei den Schülern volle Zustimmung findet. Cuvier schreibt angesichts der Hochgebirge:

---

<sup>8</sup> Erstaunliche Entdeckungen ergeben sich nebenbei. Der Naive denkt: die großen Täler sind eben da, und die Flüsse benutzen sie, um abzulaufen. Bei genauem Zusehen ergibt sich aber, dass nicht nur enge Schluchten sondern auch viele weite Täler von den Flüssen gemacht sind. Diese Einsichten hängen schon mit den langsamen Bodenbewegungen zusammen.

„Schon aus großer Entfernung erkennt das Auge an der Auszackung ihrer Kämme und an den steilen Gipfeln ... die Anzeichen ihrer gewaltsamen Erhebung... Die Zerreißungen, Biegungen und Kippungen, welche die ältesten Schichten aufweisen, lassen keinen Zweifel darüber, dass plötzlich und heftig wirkende Ursachen am Werk waren.“: „Katastrophen“.<sup>9</sup>

Wie bildend ist es, naturwissenschaftlich formierend, wenn man diesen „Schluss“ auf „plötzliche“ Ursachen mitmacht, um dann Tatsachen zu erfahren, die bewirkten, dass man schon 40 Jahre nach Cuvier anders dachte!:

Auf der Suche nach plötzlichen Katastrophen wird man zuerst die *Erdbeben* studieren, ihre Heftigkeit und Häufigkeit, andererseits aber wird der Lehrer, schweigend wieder, Bilder zeigen und Dokumente über sanfte aber unablässige Hebungen oder Senkungen, wie das Aufsteigen der norwegischen und das Sinken der deutschen Nordseeküste.

Dazu kam, und kommt, nun etwas ganz anderes (hier wird ein Biologe helfen müssen): erst die *Versteinerungen* ermöglichen die Altersordnung der vielfach zerrissenen Sedimente und erhellen damit ungeheure Abgründe an Zeit, die nötig gewesen sein müssen, um Meeresablagerungen von 10 000m Mächtigkeit anzuhäufen. – Moderne radioaktive Methoden können sie schnell bestätigen.

So verliert die Katastrophentheorie an Boden zugunsten des „Aktualismus“ von Charles Lyell (gestorben 1875): Es ist nicht nötig, in der Vergangenheit andere Kräfte anzunehmen als die, welche wir heute bemerken oder auch wegen ihrer Sanftheit übersehen. Lyell erkennt, „dass frühere Geologen auf Jahrtausende schlossen, wo die Sprache der Natur auf Jahrmillionen hindeutet, ...Der Forscher gelangt zu der Überzeugung, dass die wirkenden Ursachen immer dieselben bleiben.“<sup>10</sup>

Mit anderen Worten: Wir leben auf einer „ruhelosen Erde“<sup>11</sup>. Alpen und Himalaya wachsen noch heute. Keine Angst vor Einebnung. Dafür eine andere:

### *Anwesenheit der Wirklichkeit*

Mit das Wichtigste für die *Formatio*, die Bildung, ist hier das Verständnis der wahrhaft entsetzlichen Zeiträume, die sich aufgetan haben<sup>12</sup>. Man kann auch schnell und doch exakt, mit Hilfe *nur* der radioaktiven Methode, von ihrer Richtigkeit überzeugen. Auf solche Art schnell, raffiniert und nicht genetisch gewonnenen Kenntnissen fehlt aber etwas in uns, das mit naturwissenschaftlichen Begriffen nicht fassbar ist, eben die Einwurzelung in die ursprüngliche Welt, und das kontinuierliche, selbsttätige, möglichst produktive Gewinnen der an sich so unglaublichen Einsicht. Die Wirklichkeit der Erde ist sonst in der Schule nicht mehr anwesend. (Auf entsprechende Wirklichkeitsverluste im Geschichts- und Deutschunterricht

---

<sup>9</sup> Zitiert nach F. Dannemann: Aus der Werkstatt großer Forscher. Leipzig 1922, S. 279.

<sup>10</sup> Dannemann, a.a.O., S. 283, 282.

<sup>11</sup> R. Gheyselink: Die ruhelose Erde, Berlin 1951.

<sup>12</sup> Ahnt das Märchen diese Zeiträume?: „Nun bin ich so alt wie der Westerwald“ sagt der Wechselbalg in Grimms Märchen von den „Wichtelmännern“. (Kinder- und Hausmärchen, Große Ausgabe, 6. Aufl., Göttingen, 1850, Bd. I, S. 240).

hat Horst Rumpf eindringlich hingewiesen<sup>13</sup>.

Vielleicht kann sie es nicht mehr überall sein; um so mehr muss sie es bei fundamentalen Einsichten. Und gerade die Erdgeschichte sollte wohl immer genetisch gelehrt werden. Denn auch die biologische Evolutionstheorie kann nur Wirklichkeitscharakter gewinnen, wenn die geologischen Zeiträume nicht nur Information an uns, sondern Ereignis in uns geworden sind.

„Wir lernen mit Zeiten rechnen, die unsere Vorstellungskraft nicht mehr mit dem Gehalt des Erlebens erfüllen kann, mit Zeiträumen, deren Bewältigung die Kräfte der Abstraktion beansprucht. Da und dort wird die Gefahr erkannt, die in diesem Auseinandergehen von abstraktem Wissen und vollem Erleben sich auftut – wo sind aber in unserer Zeit die erzieherischen Versuche, dieser Gefahr zu begegnen?“<sup>14</sup>

### *Emotion und Motivation*

Ich habe das Wort „entsetzliche Zeiträume“ gebraucht. Dabei fällt mir ein, dass Repräsentanten gerade der exakten Wissenschaften das genetisch-exemplarische Lehren manchmal dahin missverstehen<sup>15</sup>, als gehe es mehr auf Emotionen aus als auf Wahrheit und denkerische Strenge. Ich habe fast den Eindruck, man stellt sich dabei den Lehrer als einen vor, der ab und zu ausruft: „Nun staunt mal schön!“ Allerdings steht am Anfang eines genetischen Lehrgangs eine „bewegende“ Frage; hier: wie soll das enden? Bewegend im Sinne von beunruhigend, und deshalb das Denken in Bewegung setzend, motivierend. Und auch am Ende haben wir ein – wenn auch in anderem Sinne – „bewegendes“ Ergebnis: jene entsetzlichen Zeiträume, von denen uns die „anwesende“ Wirklichkeit der Landschaft überzeugt hat. Dass unser Heute, unsere Lebenszeit, dann so verschwindend erscheint, das bewegt uns wieder. Und kann uns nun zu einem neuen, nun philosophischen, Bedenken treiben: ob das im physikalischen Zeitmaß Verschwindende deshalb auch an Bedeutung gering sei?

---

<sup>13</sup> Horst Rumpf: Häufen oder Aufspüren? In: Geschichte in Wissenschaft und Unterricht, 2/1962, S. 86 ff. – Ders.: Muss der naturwissenschaftliche Unterricht so sein?, in: Neue Sammlung, 6/1962, S. 491 ff. – Ders.: Das Fach, das Sprache und Dichtung erledigt, in: Neue Sammlung, 1963, S. 441. – Diese und andere Aufsätze Rumpfs sind enthalten in seinem Buch: Die Misere der Höheren Schule, Berlin-Neuwied, 1966.

<sup>14</sup> Adolf Portmann: Naturwissenschaft und Humanismus, Karl Jaspers: Wahrheit und Wissenschaft, Zwei Reden, München, 1960, - S. 31. Ich nenne zwei Darstellungen, die sich nicht auf die Angabe steriler und unvorstellbarer Zahlen beschränken, sondern die Methoden der geologischen Zeitbestimmung so genau und konkret berichten, dass den Leser ein Wirklichkeitshauch anweht aus der „bestürzenden Tiefe der Erdgeschichte“ (S. 759 der zweiten Arbeit): W. Simon: Zeitmarken der Erde, Grund und Grenze geologischer Forschung, Braunschweig, Vieweg, 1948; und, von demselben Autor: Die Zeit in der Erdgeschichte, in: Studium Generale, 1966/12, S. 751-759.

<sup>15</sup> Das Missverständnis kann verschiedene Gründe haben. Einer ist vielleicht die bisweilen noch zu hörende Forderung „Jede Unterrichtsstunde ein Erlebnis!“ {Dieser Satz gewinnt seinen Sinn, wenn „Lehrgang“ an Stelle von „Unterrichtsstunde“ tritt.} – Ein anderer: dass bei nachträglichen Beschreibungen emotionale Elemente erwähnenswert sind. So in meinen pädagogischen Aufsätzen zum Mathematikunterricht in: Der Mathematikunterricht, (Klett) 1962/4, S. 38, 66, 85 (oder in meinem Buch „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“, Stuttgart, 1965, S. 110, 274, 416). – Ferner: bei R. Kluge: Der Kran, in seinem Buch „Erkenntniswege im Physikunterricht“, Klett, Stuttgart 1970.

Kurz: Wenn es hier, im genetischen Unterricht, Emotionen gibt, dann sind es anfangs dieselben, aus denen Wissenschaft hervorging und hervorgeht; und am Ende die, welche die Ergebnisse der Wissenschaft in uns auslösen und zum Nachdenken über eben diese Wissenschaft bewegen.

Es gibt keine wissenschaftliche Entdeckung von Format, die nicht von Emotionen begleitet ist. Es gibt keine echte Motivation ohne Emotion. Der Lehrer aber braucht nur *für sachliche* Motivation des Fragens und damit des Lernens zu sorgen.

Besonders aufklärend für die enge Verbindung zwischen sachlicher Emotion und logischem Bedürfnis erscheint mir eine Auskunft, die Albert Einstein in einem Brief an Jacques Hadamard niederschrieb, der ihm einige Fragen vorgelegt hatte.<sup>16</sup>

„It is also clear that the desire to arrive finally at logically connected concepts is the emotional basis of this rather vague play with the above mentioned elements.“ Diese Elemente sind: „...certain signs and more or less clear images which can be 'voluntarily' reproduced and combined“. („Es ist also klar, dass der Wunsch, schließlich zu logisch verbundenen Einfällen zu kommen, die emotionale Grundlage ist dieses eher schweifenden Spiels mit den oben genannten Elementen. ...gewisse Zeichen und mehr oder weniger deutliche Bilder, die ‚beliebig‘ wieder zurückgerufen und kombiniert werden können.“)

Misstrauen erweckt, besonders bei Mathematikern das Wort „Erlebnis“. Tatsächlich ist es, aber nur durch modische Abnutzung, nahezu unbrauchbar geworden. Es ist in die Sprache des Tourismus eingegangen. („Vom Nordkap genießen wir das unvergessliche Erlebnis der Mitternachtssonne und kehren dann in unsere gemütlichen Quartiere zurück.“) – Das ändert aber nichts daran, dass es das gibt, wofür es einmal ernsthaft gebraucht wurde: „Erlebnis ist das, wo man dabei ist“ (Hans Lipps). Jeder wirkliche Mathematiker, der produktiv bei seiner Sache ist, hat es, und kennt es, er redet bloß nicht darüber. Und es scheint, dass manche Mathematiker befürchten, der „Pädagoge“ wolle sich nun *darüber* im Unterricht verbreiten, statt mathematisch arbeiten zu lehren. Dieser Eindruck mag daher kommen, dass Lehrer *untereinander* über die psychologische Seite der mathematischen Sache sprechen; was durchaus etwas anderes und notwendig ist<sup>17</sup>. Dieses Missverständnis ist geeignet, den Kontakt zwischen Mathematikern und Pädagogen verhängnisvoll zu stören. So bin ich überzeugt, dass die Tendenz des Buches von Wittenberg (Fußn. 31), der das Wort Erlebnis mehrfach gebraucht (etwa S. 46 f., 50, 59, 61..), verkannt wird, wenn man für möglich hält, es könne vorkommen, „dass ein Schüler nach pädagogischen und psychologischen Maßstäben ein starkes Erlebnis der Mathematik hat, aber in logischem Denken und Finden schwach ist. “. Hierauf würde Wittenberg wohl erwidert haben, dass ein Erleben des Mathematischen ohne eigenes und gelingendes Finden und logisches Denken unmöglich ist und eben dann und nur dann sich ergibt, wenn dieses Finden spontan, produktiv, motiviert, kurz: genetisch gelehrt wird. Das mathematische „Erlebnis“ ist von der produktiven mathematischen „Leistung“ untrennbar, es ist nichts anderes als seine Innenseite. Natürlich wird diese Leistung in der Schule, fachlich gesehen, schlicht sein; denn Schule ist kein Fachstudium sondern die Basis aller Fachstudien und damit auch die des mathematischen Studiums.

<sup>16</sup> J. Hadamard: The psychology of invention in the mathematical field, Dover Publications, New York, 1954, S. 142.

<sup>17</sup> H. Behnke: Die Auswirkung der Forschung auf den Unterricht, in: Math. Phys. Semesterberichte, Bd. XIII, Heft 1 (1966), S. 10.)

## 2. Beispiel: Erdrotation

Ein zweites, ein physikalisches, Beispiel möge zeigen: dass die Anwesenheit der primären Wirklichkeit nicht schon dadurch garantiert ist, dass wir experimentell und gründlich, aber nur darlegend vorgehen.

Dreht sich die Erde? Wer den „Foucault'schen Pendelversuch“ gesehen und verstanden hat, ist gezwungen, es zuzugeben. (Nicht einmal ohne Emotion: Der Versuch wirkt, wie mir ein Philosophieprofessor sagte, der ihn gesehen hatte, „haarsträubend“. Mit Recht. Ganz ähnlich wie das einträchtige Niederfallen von Münze und Flaumfeder im leeren Raum.) – Wenn es aber bei der unmotivierten Behauptung „Die Erde rotiert“ und ihrer Verifikation durch diesen Versuch bleibt (in der Erinnerung vieler Erwachsener ist es so), so ist das, fürchte ich, die falsche Emotion, nämlich ein Staunen-ex-machina, das Staunen vor dem Kunststück. Die Physik kommt dabei in den Ruf der Zauberkunst, den sie nach ihrer ganzen Vergangenheit am wenigsten auf sich sitzen lassen darf<sup>18</sup>. Davon abgesehen ist der Versuch allerdings „zwingend“.

Trotzdem dürfen wir Lehrer mit diesem Stand der Klärung nicht zufrieden sein, denn der Schüler ist es nicht mit uns. Wenn er nämlich ein gesunder und einigermaßen selbständiger Kopf ist, so nagt an ihm immer noch – nicht ein Zweifel, aber – eine berechtigte Unzufriedenheit, (die wir, soweit ich sehe, in der Schule nur selten beheben). Er fragt sich: Foucault wäre offenbar nie auf seine Versuchsanordnung gekommen, wenn er nicht schon vorher vermutet hätte, dass die Erde sich drehe. Wie war er denn auf diese, doch zunächst absurde, Idee verfallen? – Wir können ihm dann sagen: er hatte sie von Kopernikus; der hatte sie von Cicero, und Cicero hatte sie von Aristarch. – Ja? Und wie kam Aristarch darauf?, fragt er nun.

### *Genesis ist nicht Geschichte*

Hier treibt ihn nun nicht etwa ein primär geschichtliches Interesse, sondern sein gesundes Zögern, den Physiker, heiße er nun *Foucault* oder *Aristarch*, für eine Art Zauberer zu halten, der eine auf keine Erfahrung gegründete Eingebung hat, die er dann nachträglich auf raffinierte Weise verifiziert. Der Schüler, der uns so in die Antike zurückdrängt, fragt also gar nicht historisch, sondern genetisch. Dieser Unterschied muss betont werden. „Nicht um die Geschichte handelt es sich“, schreibt Otto Toeplitz zu seiner genetischen Darstellung der Infinitesimalrechnung<sup>19</sup>, „sondern um die Genesis. Unerschöpflich“, fährt er fort, „kann man so aus der Historie für die didaktische Methode lernen“<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> Als ich zur Schule ging, hieß der Raum, der die physikalischen Apparate aufbewahrte, noch das „physikalische Kabinett“.

<sup>19</sup> Otto Toeplitz: Die Entwicklung der Infinitesimalrechnung, Bd. I, Berlin 1949.

<sup>20</sup> Jahresberichte der deutschen Mathematiker-Vereinigung Bd. 36 (1927)S. 88 ff.

Die Geschichte seiner Wissenschaft ist für den Fachlehrer kein „durchzunehmender Stoff“ sondern ein Verjüngungs-Elixier. Sie hilft ihm, die Fragen seiner Schüler zu Wort kommen zu lassen und so ernst zu nehmen wie sie gemeint sind, und wie sie auch wirklich sind: Fragen, deren Anklopfen er sonst, in seiner frontal-wissenschaftlichen Rüstung zu Unrecht und zum Unglück nicht mehr spürt. So versteht schon der Abiturient, erst recht der Physik-Student und der junge Physik-Lehrer, das Beharrungsgesetz bestenfalls als ein nachträglich bewährtes Prinzip (was ja nicht falsch ist); er versteht es, im Sinne von Tricker (Fußnote 35), nur „backwards“. Vom Vorwärts-Verstehen, von den Schwierigkeiten der *Erschließung* dieses Gesetzes kann er meistens nicht einmal ahnen, dass es sie gibt. Er sieht nicht mehr Fragen wie diese: Wodurch wird die angeblich rotierende Erde in anhaltender Bewegung gehalten? Oder, sobald dann die Beharrung der Geschwindigkeit als Eigenschaft der Materie selbst erkannt ist: Was (oder Wer) hat sie einstmals in Bewegung gesetzt? Die Kurzstunde nimmt aber dem Lehrer die Möglichkeit, solche Bedenken überhaupt aufkommen zu lassen. Dieses Beispiel macht vielleicht deutlich, wie die beiden Gifte, die Erfolg und Leben des Unterrichts herabsetzen (nämlich das ausschließlich frontal gerichtete und dadurch entpädagogisierende wissenschaftliche Fachstudium und die durch den planlosen Kurzstundenwechsel bedingte „administrative Verstörung“ (H. Rumpf<sup>21</sup>), einander gegenseitig verstärken. Findet der Lehrer aber noch die Zeit, zu solchen Fragen gewisse Überlegungen Galileis<sup>22</sup> oder Keplers<sup>23</sup> zu studieren, so kann in ihm die genetische Transformation noch eingeleitet werden. Dieser unrationelle Umweg wäre vermeidbar, wenn der Physikunterricht der Schulen und das Physikstudium künftiger Lehrer den genetischen Gesichtspunkt einbezöge<sup>24</sup>.

### *Fortsetzung des zweiten Beispiels*

In unserem Fall ist also die Frage des Jugendlichen die: Wie konnte man, nicht nur damals, wie kann man heute, zu jeder Zeit, und wie kann jeder, wie kann auch ich, auf eine so unwahrscheinliche Idee überhaupt kommen? „Wie kommt es“? Muss nicht die primäre Wirklichkeit des Himmels irgendwie zu *Aristarch* „gesprochen“ haben? Muss sie also nicht auch zu uns sprechen, uns zum Denken einladen? Zweifellos. Es ist wohl kein Zufall, dass derselbe Aristarch, oder einer seiner Vorgänger, den produktiven Einfall hatte (auf dessen Genialität

---

<sup>21</sup> H. Rumpf: Die administrative Verstörung der Schule, Neue pädagogische Bemühungen, Bd. 30, Verlag Neue Deutsche Schule, Essen, 1966.

<sup>22</sup> Galilei, a.a.O. (siehe Fußnote 29) in der Auswahl aus dem „Dialog über die Weltsysteme“, etwa S. 160 f., 162 u.a.

<sup>23</sup> Kepler: Etwa auf S. 70 und 86 in „Nikolaus Kopernikus, Erster Entwurf seines Weltbildes (sowie eine Auseinandersetzung Johannes Keplers mit Aristoteles über die Bewegung der Erde)“, Hrsg. v. F. Rossmann, Neudruck der Wissenschaftlichen Buchgesellschaft, Darmstadt, 1966 (Bestell-Nr. 3336).

<sup>24</sup> Näheres auf S. 8, 12 f., 16 meines Beitrages „Die Erfahrung des Erdballs“. Siehe Fußnote 30

Polya<sup>25</sup> ausdrücklich hinweist), Mondsichel und Sonne als *eine* „Gestalt“ anzuschauen<sup>26</sup> und so dem Halbmond anmerkte, im Hinblick auf die Sonne, dass er uns sehr viel näher sein müsse<sup>27</sup> als sie. Und doch streben die beiden am Abend (fast) *gleich* schnell dem Horizont zu?! Ein Motiv für den Verdacht, dass *wir* uns drehen. Ein genetischer Unterricht könnte also diese zum Horizont herabsinkende Mond-Sonne-Konstellation, möglichst am Himmel, den Schülern exponieren. Daran entzündeten sich dann Fragen, die zunächst zum Abstandsverhältnis von Mond und Sonne, und dann eben zu der Vermutung führen, dass vielleicht die Erde, nicht der Himmel, umlaufe.

Dabei ist es nicht nötig, die scholastischen Denkweisen zu berühren: Genesis ist nicht Geschichte.

(Was in diesen fünf Zeilen dem Lehrer anzudeuten genügt, verlangt in der Schule monatelange Beobachtung der Mond-Sonne-Konstellation – wenn auch nur alle paar Tage für einige Minuten – und danach mehrere Stunden intensiver Unterrichts-Arbeit.)

---

<sup>25</sup> Das ist ein weiteres Beispiel für „Exposition“ (S. 6). Es verlangt besonders viel Zeit. Aber schnell blitzt dann, wenn sie kommt, die Erkenntnis auf. Der Lehrer wird *auffordern* müssen, den Mond *im Hinblick auf* die Sonne zu sehen. Die meisten Erwachsenen sehen auch heute nicht, was hier zu sehen ist, da die Schulen es meist nur auf dem Papier „erklären“. Was George Polya über das Geniale dieser Einsicht sagt, ist so wichtig, dass es hier folgen möge: (G. Polya: Schule des Denkens; Vom Lösen mathematischer Probleme (How to solve it), Sammlung Dalp, Bern 1949, S. 113 ff.): „Glänzende Idee oder ‚gute Idee‘ oder ‚es geht einem ein Licht auf sind Ausdrücke der Umgangssprache, die einen plötzlichen Vorstoß auf die Lösung hin beschreiben. Der Einfall einer glänzenden Idee ist eine Erfahrung, mit der jedermann vertraut ist, die aber schwer zu beschreiben ist, und so mag es interessant sein zu hören, dass eine sehr inhaltvolle Beschreibung davon gelegentlich durch eine Autorität vom Range eines Aristoteles gegeben worden ist.

Die meisten Menschen werden zustimmen, dass der Einfall einer glänzenden Idee ein ‚Akt von Scharfsinn‘ ist. Aristoteles definiert ‚Scharfsinn‘ wie folgt: ‚Scharfsinn ist ein Treffen und Erraten des wesentlichen Zusammenhanges in einer unschätzbar kurzen Zeit. Wie z. B., wenn jemand, der irgendwen mit einem reichen Manne sprechen sieht, sofort errät, dass er sich Geld borgen will. Oder wenn jemand, der beobachtet, dass die leuchtende Seite des Mondes immer der Sonne zugekehrt ist, plötzlich bemerkt, warum das der Fall ist; nämlich, weil der Mond sein Licht von der Sonne empfängt.‘

Das erste Beispiel ist nicht schlecht, aber ziemlich trivial; es braucht nicht viel Scharfsinn, um Dinge vom Zusammenhang wie reicher Mann und Geld zu erraten, und die Idee ist nicht sehr glänzend. Das zweite Beispiel jedoch ist ganz eindrucksvoll, wenn wir unsere Einbildungskraft ein wenig anstrengen, um es in seiner eigenen Fassung zu sehen. Wir müssen uns vergegenwärtigen, dass ein Zeitgenosse von Aristoteles die Sonne und die Sterne beobachten musste, wenn er die Zeit wissen wollte, denn es gab keine Armbanduhren, und dass er die Phasen des Mondes beobachten musste, wenn er eine Reise bei Nacht vorhatte, da es keine Straßenbeleuchtung gab. Er war mit dem Himmel weit besser bekannt als der moderne Großstadtbewohner, und seine natürliche Intelligenz war noch nicht durch unverdaute Fragmente journalistischer Darstellungen von astronomischen Theorien getrübt. Er sah den Vollmond wie eine flache Scheibe, ähnlich der Sonnenscheibe, aber weit weniger leuchtend. Er muss sich über den unaufhörlichen Wechsel in Gestalt und Stellung des Mondes gewundert haben. Er beobachtete den Mond gelegentlich auch bei Tage, bei Sonnenaufgang oder -untergang, und fand heraus, dass ‚die leuchtende Seite des Mondes immer der Sonne zugekehrt ist‘, was an sich eine beachtliche Feststellung war. Und nun nimmt er wahr, dass das verschiedenartige Aussehen des Mondes gleich dem verschiedenartigen Aussehen einer Kugel ist, die von einer Seite beleuchtet wird, so dass die eine Hälfte leuchtend ist und die andere Hälfte dunkel. Er stellt sich die Sonne und den Mond nicht mehr als flache Scheiben, sondern als runde Körper vor, von denen der eine das Licht gibt und der andere es empfängt. Er erfasst den wesentlichen Zusammenhang, er gruppiert seine früheren Vorstellungen um ‚in einer unschätzbar kurzen Zeit‘: es ist ein plötzlicher Sprung der Vorstellungskraft, eine glänzende Idee, ein Geistesblitz.“

<sup>26</sup> Ähnlich wie in Max Wertheimers Darstellung (a.a.O. Kap. I) Kinder entdecken, dass sich die beiden Enden eines Parallelogramms zusammenbiegen lassen, um ein Rechteck aus ihm zu machen.

<sup>27</sup> 18 bis 20 mal ergab seine grobe Messung. Wir messen heute: 389 mal. Für den im Folgenden skizzierten Lehrgang genügt es zu *sehen*: *viel* weiter.

Sofort erhebt sich aber nun der *Einwand*, der auch der von Tycho Brahe<sup>28</sup> ist: dass dann fallende Körper nicht annähernd senkrecht auf die Erde niedergehen dürften. Es werden also Überlegungen und Experimente nötig über das Ausmaß, in welchem Körper in ihrer Bewegung verharren. Wir haben ja Schnellzug-Erfahrungen.

Gegen alle anfängliche Erwartung einer Westabweichung wird dann die entgegengesetzte denkmöglich! Die Experimente zur „*Ostabweichung*“, wenn auch nur berichtet<sup>29</sup> (aber genau), wirken, da man von selbst auf sie kommt, überzeugender als der, dann entbehrliche Pendelversuch. Sie sprechen für ein lang anhaltendes Beharrungs- Streben und für eine Erdrotation zugleich. – Der ganze Lehrgang ist eine Angelegenheit von Wochen, ich kann ihn hier nur andeuten<sup>30</sup>. Überhaupt wird das genetische Verfahren eine Tendenz haben, *lange* Lehrgänge zu eröffnen, bei denen es geht, wie Wittenberg<sup>31</sup> sagt, um die „Wiederentdeckung einer Wissenschaft von Anfang an“ an der Hand eines herausfordernden und aufschließenden Problems, das uns die unpräparierte Wirklichkeit aufgibt.

### *Produktive Verwirrung*

Wie aber, kann man einwenden, soll in unserem Beispiel die Zündung, die Empfängnis, vor sich gehen, wenn das Kind schon „weiß“, vielleicht sogar aus einem Bericht über den Pendelversuch gehört hat, dass die Erde rotiert? In diesem heute kaum vermeidlichen Fall bewährt sich der Frontalangriff auf das Scheinwissen (aber ohne Ironie!) „Wie, ihr glaubt das, wo doch kein ständiger Ostwind weht, und die Äpfel nicht, wie sie dann doch müssten, in des übernächsten westlichen Nachbars Garten schwirren!“ Man kann ihnen Tycho vorlesen. Mehr Studenten, als zu hoffen wäre, sind gegen diesen Einwand wehrlos. – Es setzt dann ebenfalls ein Staunen ein, ein echt sokratisches: darüber, dass man zu wissen meint, was man nicht weiß.

Ein genetischer Lehrgang wird also auch insofern im sokratischen Gespräch seinen Weg suchen, als ihm Verwirrungen nur recht sein können. Der Lehrer wird sie sogar begünstigen. *Galilei* verstand sich darauf: Bericht des Monsignore Querenchi vom 30. Dezember 1615<sup>32</sup> aus Rom: „Wir haben hier den Galileo..., und was mir außerordentlich an ihm gefiel, war, dass, bevor er auf die gegnerischen Argumente antwortete, er dieselben weiter ausführte und

---

<sup>28</sup> „Wie ist es möglich, dass eine Bleikugel, von einem sehr hohen Turm in richtiger Weise fallen gelassen, aufs genaueste den lotrecht darunter gelegenen Punkt der Erde trifft?“ (1956). (Zitiert nach H. Blumenberg: *Das Fernrohr und die Ohnmacht der Wahrheit*, Einleitung in: *Galileo Galilei, Sidereus Nuncius*, Sammlung Insel Band I, Frankfurt, 1965, S. 33.) – Dort auch Teile der „Beiden Weltsysteme“ insbes. S. 168–182.

<sup>29</sup> Vgl. W. Brunner: *Dreht sich die Erde?*, Leipzig 1915. – Ferner: W. Trittelvitz: *Fallversuche zum Nachweis der Erddrehung*, in: *Praxis der Naturwiss.*, 11/1965, S. 298 ff.

<sup>30</sup> Einzelheiten über einen solchen Lehrgang finden sich in meinen Schriften: *Die Erde unter den Sternen*, 3. Aufl. Weinheim 1965. – *Die Erfahrung des Erdballs*, in: *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken*, Bd. II, Klett, Stuttgart, 1970, S. 25 – 57, auch Bd. I, S. 521 f. – *Die pädagogische Dimension der Physik*, Braunschweig, 3. Aufl. 1971, S. 272 f.

<sup>31</sup> A. I. Wittenberg, *Bildung und Mathematik*, Stuttgart, 1963, S. 67 ff.

<sup>32</sup> Zitiert nach G. Szczesny: *Das Leben des Galilei und der Fall Bertold Brecht*, Ullstein-Buch 3905 (DW 5), S. 25.

durch neue Begründungen ihnen höchste Wahrscheinlichkeit verlieh ..“ Freilich hört Galilei auf, für uns Lehrer Vorbild zu sein, wenn es weiter heißt: „ .. um dann durch ihre Widerlegung die Gegner nur noch lächerlicher erscheinen zu lassen.“ Denn wir haben ja nicht mit „Gegnern“ zu tun. Ebenso wenig dürfen wir uns wie Salviati vorkommen, den Galilei einmal selbstgefällig sagen lässt:<sup>33</sup> „Ich verstehe aber das Handwerk, mit Gehirnen umzugehen, so meisterlich, dass ich Euch gewaltsam ein Geständnis entreißen werde.“ (Der arme Simplicio ist gemeint.) Wir haben so wenig zu entreißen, wie wir einzufüllen haben. Wir stehen auf derselben Seite mit unseren Schülern, der Sache gegenüber, so dass sie das Recht, ja die Pflicht, zu verwirren, uns zugestehen; (wie übrigens wir dasselbe Recht ihnen. Eine gewisse (wenn auch nicht unbegrenzte) Verwirrbarkeit halte ich für eine positive Eigenschaft sogar des Lehrers: sie fördert die Verständigung. Ich fürchte, dass ein Lehrer, der gar nicht verwirrbar ist (und das in seinem Fach), nicht der beste sein wird.

Darlegender Unterricht scheut nichts so sehr wie Zweifel und Irrtum. Damit verzichtet er aber nicht nur auf die produktive Spannung, er erreicht auch nicht jene Sicherheit, die gegen alle Verwirrungen gefeit ist, weil sie überstanden sind. In der lebenden Wissenschaft geht es ja auch nicht anders zu.

Zum *Kontrast* nenne ich ein extrem *nicht-genetisches* Beispiel: Herleitung der periodischen Eigenschaften der chemischen Elemente aus dem verfrüht und dogmatisch dargebotenen, physikalisch noch nicht fundierten, Atommodell<sup>34</sup>. Der englische Physik-Didaktiker *Tricker* nennt das ein „backwards-“, ein hinterdrein-Verfahren<sup>35</sup>.

Im Kleinen äußert sich das Gegenteil des hier Empfohlenen in der hier und dort noch kursierenden allgemeinen Regel, es dürfe im Unterricht nichts Falsches gesagt oder gar an die Tafel geschrieben werden. (Es könnte sich einprägen ...) Diese fast fotografische Auffassung des Lehrens als eines Einprägens, Belichtens hat ihren ernstesten Sinn bei der Erziehung des kleinen Kindes (etwa, damit es sich kein Fluchen angewöhne), wo so viel auf Nachahmung ankommt; in der Schule vielleicht bei der Rechtschreibung. Aber niemals für Gegenstände, die *verstanden* werden wollen und können im allein rationalen Sinn. Im Gegenteil: hier sollte das naheliegende und verwirrende Falsche aufs Schärfste ins Auge gefasst werden und deshalb möglichst an der Tafel stehen.

---

<sup>33</sup> In den „beiden Weltsystemen“ a.a.O. (Fußnote 28) S. 11.

<sup>34</sup> Etwas anders liegen die Dinge, wenn man den natürlichen und den Erdmagnetismus erst nach dem Elektromagnetismus bringt. Man geht dann zwar überall folgerichtig von der Erfahrung aus. Doch ist auch ein solcher Lehrgang nicht genetisch. Er umgeht geflissentlich einen Komplex, der anziehender und zugänglicher als der elektrische ist. Lebende Wissenschaft fängt aber immer dort an, wo Zugänge sich *leicht* öffnen. Dass sie sich dann trotzdem als Sackgassen erweisen können, auch das gehört zu den Realitäten wissenschaftlichen Vorgehens. Auch hier gehen wir also „backwards“ vor, hinterrücks, wenn wir den Elektromagnetismus vorweg nehmen. Wir spielen übermäßig Vorsehung.

<sup>35</sup> R. A. R. Tricker: Einige Gedanken zum naturwissenschaftlichen Unterricht, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 1965/66, Heft 5/6, S. 152 ff. – Ders.: The Sceptical Physicist, in: Neue Sammlung, 1966, Heft 3, S. 304

## *Genetisches und induktives Verfahren*

Es liegt nahe zu fragen: Darf man das genetische Verfahren mit dem induktiven gleichsetzen und entgegnen, dass doch auch Forschung nicht selten deduktiv vorgehe? Mir scheint, dass die lebende Wissenschaft immer nur aus einer solchen Ordnung oder Theorie deduziert, die vorher auf induktivem Wege vermutet worden ist. Das ist aber etwas anderes als ein Unterricht, der vorgehend aus Prinzipien deduziert, die – vom Schüler aus gesehen (und auf ihn kommt es an) – wie aus dem heiteren Himmel des Lehrers in die Schulstube einschlagen, um sich erst nachträglich zu verifizieren. Positiv gesagt: Auch Deduktion kann genetisch gelehrt werden, indem aus einem schon vorliegenden Material induktiv ein Ordnungsprinzip sich dem Schüler aufdrängt, das dann Deduktionen nahe legt.

## *Genetischer und programmierter Unterricht*

Noch einiges ist auseinander zu halten: Die Dreiheit

genetisch – sokratisch – exemplarisch

habe ich, im weiteren Sinne, als Genetisch bezeichnet. In früheren Veröffentlichungen nannte ich sie wohl auch *exemplarisch*, da mich damals der rechte Flügel stärker beschäftigte<sup>36</sup>.

Man *kann* aber den Begriff „exemplarisch“ auch enger fassen, ihn nämlich auf die „stoffliche“ Auswahl und Ausstrahlung beschränken; und entsprechend „genetisch“ auf die stoffliche Reihenfolge. Dann ist es erlaubt zu sagen, dass man sowohl exemplarisch wie auch genetisch, wie auch beides verbindend, sogar *dozieren* kann<sup>37</sup>. *Nur*: streng sokratisch kann man nie dozieren und auch nicht programmieren. Und damit auch nicht *Genetisch*, da in ihm das Sokratische konstitutiv ist<sup>38</sup>. Insofern ist der *Genetische* Lehrgang grundsätzlich nicht programmierbar, er hat immer Dunkelheit<sup>39</sup> vor sich: Ein Programm kann sich zwar auf mehrere vorgeplante Wege verzweigen, aber es kann nie die unvorhersehbare und fließende, kontinuierliche Fülle der Möglichkeiten vorsehen, die ein streng sokratisches Gespräch in einer wachen und in sich koordinierten Gruppe zutage bringt. Auch an welchen Weg-Wendungen der Lehrer etwas sagen wird, kann er nicht vorher wissen. Denn Kinder, wenn ihr Denken erwacht ist, denken überraschend<sup>40</sup> und meist auch überraschend gut.

---

<sup>36</sup> Ich glaube auch heute, dass exemplarischer Unterricht im wirksamsten Verstande immer genetisch und sokratisch vorgehen muss.

<sup>37</sup> Etwa wenn man den vorhin gegebenen Bericht über den geologischen Lehrgang als genau zu befolgende Vorlage nimmt.

<sup>38</sup> Man wird dann auch nicht mehr vom „durchzunehmenden Stoff“ sprechen, sondern von dem zu „erschließenden Gegenstand“.

<sup>39</sup> Für den Lehrer liegt im Dunkeln nur, welcher Weg sich ausbilden wird, für die Schüler auch das Ergebnis (sein Ende).

<sup>40</sup> Von den Beispielen, die ich früher beschrieben habe, zeigt das am besten: „Ein Unterrichtsgespräch zu dem Satz Euklids über das Nicht-Abbrechen der Primzahlenreihe“ in: *Der Mathematikunterricht*, 1962/4, S. 29–38; mit Kommentar auch in meinem Beitrag zu „Pädagogisch-psychologische Praxis an Höheren Schulen“ (Hrsg. v. K. Strunz, München, 1963, S. 72–78), wie er auch in meinen pädagogischen Schriften („Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“, Stuttgart, 1965, 2. Aufl. 1970, S. 102 ff. und S. 459 f.) abgedruckt ist.

Dazu kommt: Das Programm zerlegt den Weg in *kleinste* Lernschritte. Die „Exposition“ des Genetischen Lehrens dagegen, muss einen Sog von möglichst *langem* Atem einleiten, so dass er in die „Dunkelheit“ eines wochenlangen Lehrganges hinein- und hindurchsaugt.

### *Vorwegnehmen*

Nach diesen (begrifflichen) Zwischenbemerkungen möchte ich nun am *Genetischen* Lehren noch eines besonders loben: es schützt uns vor unserer häufigsten Versuchung (entschuldbar durch Stoff-Fülle und hohe Klassenfrequenz): Abstraktionen zu *verfrühen*<sup>41</sup>.

Dieses ungeduldige *Voreilen* gibt es: 1. in Bezug auf die altersbedingte Reife der Schüler, und 2. in bezug auf die – sozusagen – Motivationsreife der sachlichen Situation.

So können wir, zum Beispiel, Schülern eines gewissen Alters die Regeln für das Rechnen mit relativen Zahlen als logisch gerade schon akzeptabel aufnötigen, und dennoch voreilen, insofern es für sie noch kein sachliches Motiv gibt, das ihnen die Wünschbarkeit solcher Definitionen aufdrängte und damit erst ihr produktives Suchen in Anspruch nähme.

*Ernst Mach* sagte geradezu, dass „die Jugend durch die Verfrühung der Abstraktion verdorben werde“<sup>42</sup>. Für die Ursache dieser Schädigung gibt es kein besseres Gleichnis als die von dem Chinesen Mong Tse, einem Zeitgenossen Platons, erzählte Geschichte, die W. Metzger in seinem Buch „Schöpferische Freiheit“ wiedergibt<sup>43</sup>: von jenem Mann, der dem Korn zu wachsen *helfen* wollte, indem er an den Halmen zog, und so seine Ernte dezimierte. Wer dieses Gleichnis billigt, verschreibt sich damit durchaus nicht der unzureichenden Didaktik des bloßen Wachsenlassens, denn *mehr* noch als ein wachsender Organismus ist der erwachende Geist eifersüchtig darauf bedacht, selbsttätig zu sein. „Hilf mir“, sagt das Kind, nach *Maria Montessoris* bekanntem Wort, zum Lehrer, „hilf mir, es von mir aus zu tun“, das heißt: *mehr* hilf mir *nicht!*

*Wenn wir dieses Ziehen am Halm unterlassen könnten, so würden wir, ich bin sicher, Anzahl und Qualität unserer Abiturienten merklich erhöhen.*

### *Mathematik*

Dieses Vorwegnehmen gibt es in vielen Fächern, vom grammatischen bis zum Religions-Unterricht, am stärksten aber wohl in den mathematisierenden Wissenschaften und vor allem im Mathematikunterricht selber. Und zwar dann, wenn der abstrahierende Lehrer zu früh, zu unmotiviert, zu schnell, zu unwiderruflich das Gehäuse der *Muttersprache* zu verlassen und in die Sphäre der Symbole und Kalküle aufzusteigen drängt. Schon in der Bruchrechnung begünstigt die Automatik des Kalküls (wie ein Fahrzeug, das auch ohne uns läuft) eine Zeitlang die Täuschung, „mitzukommen“, bis es zu spät ist für manchen, der gut ans Ziel gekommen

<sup>41</sup> Man vergleiche hierzu: W. Klafki: Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. 2. Aufl. Weinheim, 1964. Stichworte: Verfrühung, Vorwegnahme, Mehrdarbietung. – Ferner: Folge 9 der Empfehlungen des Deutschen Ausschusses, Stuttgart 1965, S. 26.

<sup>42</sup> Ernst Mach: Populärwissenschaftliche Vorlesungen, 5. Aufl., Leipzig, 1923. S. 340.

<sup>43</sup> Wolfgang Metzger: Schöpferische Freiheit, Frankfurt a. M. 1962, S. 24.

wäre, wenn er anfangs hätte länger zu Fuß gehen dürfen. Ich frage mich wieder, *ob wir nicht oft hervorragende aber bedächtige Begabungen verscheuchen*; ob wir den Wegwerf-Konsum auf Menschen ausdehnen dürfen.

Gerade weil es für die Mathematik, mehr als für irgendeine andere Wissenschaft, legitim ist, sich von ihrer gegenständlichen Herkunft zunehmend zu lösen, sollten wir Lehrer lernen, diesen Sublimationsprozess während des ganzen Unterrichts mit äußerster Sorgfalt und Strenge gegen uns selbst aus den Schülern durch die *Sache* herausfordern zu lassen, und uns hüten vor den ebenso bequemen wie unrentablen Praktiken des Verlockens, des Verführens, des Aufprägens.

Freilich besteht hier heute ein Zirkel: der Student der exakten Wissenschaften, vor allem der Mathematik, je mehr er selbst von diesem Sublimationsprozess fasziniert und für ihn begabt ist, strebt selbstverständlich an die „Front“ der modernen Forschung und spürt keinen Anlass, sich umzublicken nach den Stadien, die er glücklich überwunden, ja vergessen hat. Wird er Berufsmathematiker, so schadet das niemandem. Wird er aber als künftiger Lehrer nur ebenso wie der spätere Berufsmathematiker ausgebildet, so ist das zu wenig; denn dann darf er gerade diese Stadien nicht vergessen. *Der Sinn für Strenge darf nicht verdrängen den Sinn für das Werden, auch und gerade dieser Strenge*. Sonst wird die genetische Fundierung über der logischen vergessen oder mit ihr für erledigt gehalten. Man kann dann fälschlich glauben, wenn Mathematik nur Logik-gerecht entwickelt werde, so trage sie nicht nur sich selbst, sondern auch den Lernenden.

Bei pädagogisch unberührten Mathematikern ist die fundamentale Verwechslung von mathematischer Strenge und pädagogischer Strenge nicht selten. Sie können dazu neigen, das genetische Verfahren mit der „weichen Tour“ gleichzusetzen, einem Unterricht also, der „wenig verlangt“. – Wenn Toeplitz die genetische Entwicklung als den „sanften Anstieg vom Leichterem zum Schwereren“<sup>44</sup>, bezeichnet, so ist im Gegensatz zu dem (bequemen) logischen Weg vom abstrakten Prinzip zur vielfachen und komplizierten Anwendung das immer *motiviertere* Fortschreiten von konkreten Einzelproblemen hoher Wirklichkeitsdichte zu abstrakten Allgemeinbegriffen gemeint.

Solang nicht dem Studenten, der – vielleicht – Lehrer werden wird, schon früh auch genetisch gestimmte Fachvorlesungen und Übungen angeboten werden – nach dem Vorbild etwa von Toeplitz und Mach – sind wir in einer recht verfahrenen Lage. Denn der Rückweg ist schwer für den Lehrer, dessen Schiffe hinter ihm verbrannt sind, sobald er das Ufer der modernen Forschung gewonnen hat. Leicht hält er ihn dann für einen Rückschritt, während ja die Präsenz und Transparenz des *ganzen* genetischen Weges für den, der an der Spitze angekommen ist, ein Mehr ist, ein formatives Mehr. Der gelegentlich zu hörende Einwand gegen das genetische Lehren, es bedeute ein „Steckenbleiben“ im Historischen, im Psychologischen, im Simplen kommt aus diesem Missverstehen. Es geht ja gerade darum, nirgendwo stecken zu bleiben, auch nicht im obersten Stockwerk.

---

<sup>44</sup> Jahresberichte der deutschen Mathematikervereinigung, Bd. 36 (1927), S. 88 ff.

In diesem Sinne ist der Satz von Ernst Mach zu deuten: „Am besten werden die bescheidenen Anfänge der Wissenschaft uns deren einfaches und stets gleichbleibendes Wesen enthüllen“<sup>45</sup>. Ich möchte ihn zu interpretieren versuchen: Wir stützen vielleicht über das „stets *gleichbleibend*“. Aber wir können es akzeptieren, da vom Gleichbleiben des Wesens die Rede ist. Das Wesen der Naturwissenschaft ist von *Galilei* bis zur Kernphysik dasselbe geblieben. Überraschungen gehören gerade zum Wesen der entdeckenden und erfindenden Wissenschaft. – Aber, wenn das Wesen gleich bleibt: warum kommt es dann auf die *Anfänge* an? Weil sie, sagt Mach, *bescheiden* sind. – Sind sie denn das? War *Galilei* ein bescheidener Denker? Sie sind bescheiden, insofern sie der Geisteslage und Haltung des Anfängers entsprechen, der sich die notwendigen Begriffe erst produktiv schaffen muss. Gerade dadurch sind sie zugleich ungemein anspruchsvoll. Genau das, was wir im Unterricht wollen: den Anfänger ansprechen, aufrufen und zur Steigerung seines produktiven Selbst herausfordern. Und das will im Grunde auch das Kind und der Jugendliche (mag dem auch sein, durch unsere vernachlässigten Institutionen verzerrtes, Schüler-Verhalten oft widersprechen). – Am besten sind die Anfänge, sagt Mach. Wofür? Um dieses Wesen zu *enthüllen*. – Und welche Hüllen sind da zu lösen? Ich vermute, er meint deren zwei, und sehr verschiedene. Eine erste gibt es selbstverständlich, insofern die naiv angeschautte Natur das Naturgesetz ja offenbar verbirgt. (Denken wir an das Beharrungsgesetz<sup>46</sup>). Mach meint aber noch eine zweite Hülle, denn an anderer Stelle sagt er einmal: „Der naturwissenschaftliche Inhalt der Mechanik ... aus welchen Quellen wir ihn geschöpft haben ... liegt eingeschlossen und verhüllt in dem intellektuellen Fachapparat der heutigen Mechanik“<sup>47</sup>.

Ganz entsprechend Toeplitz (1926): „Alle diese Gegenstände, die heute als kanonisierte Requisiten gelehrt werden, und bei denen nirgends die Frage berührt wird: Warum so? Wie kommt man zu ihnen? ... müssen doch einmal Objekte eines spannenden Suchens, einer aufregenden Handlung gewesen sein, nämlich damals, als sie geschaffen wurden. Wenn man an diese Wurzel der Begriffe zurückginge, würde der Staub der Zeiten ... von ihnen abfallen, und sie würden wieder als lebensvolle Wesen vor uns erstehen“<sup>48</sup>. Diese zweite Verhüllung, die, bei deren Lösung der Staub fällt, ist also keine natürliche, sondern sie ist hervorgerufen durch eine Didaktik, die voreilig aus der Genese in die Darlegung sich vorschnellt. (Die theologische Parallele: „Für den Unterricht wird es darauf ankommen, immer wieder ein Verstehen der Ursprungssituation des Glaubens, wie sie in den Texten der Bibel und in der Geschichte der Kirche überliefert, aber auch verdeckt ist, zu vermitteln“<sup>49</sup>).

---

<sup>45</sup> Ernst Mach: Populärwissenschaftliche Vorlesungen, 5. Aufl., Leipzig, 1923, S. 220.

<sup>46</sup> C. F. von Weizsäcker: „Galilei tat seinen großen Schritt, indem er wagte, die Welt so zu beschreiben, wie wir sie nicht erfahren“ Die Tragweite der Wissenschaft, Stuttgart 1964, Bd. I, S. 107).

<sup>47</sup> Ernst Mach: Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Vorwort zur 1. Aufl., Leipzig, 1883

<sup>48</sup> Zitiert im Vorwort von G. Rotke zu O. Toeplitz: „Die Entwicklung der Infinitesimalrechnung“, Bd. I, Berlin 1949.

<sup>49</sup> Aus H. B. Kaufmann: Die Ursprungssituation des Glaubens, theologisch und didaktisch interpretiert, in: Die Herausforderung der Schule durch die Wissenschaften, hrsg. von Th. Wilhelm, Julius Beltz Weinheim, 1966, S. 117–134.

## *Die entpädagogisierende Wirkung des Fachstudiums*

Was also heute dem künftigen Lehrer, jedenfalls der Mathematik und der Naturwissenschaften, in seinem Fachstudium fehlt, und was *nicht* einfach zu heilen ist durch Additionen von Pädagogik, Psychologie und Wissenschaftsgeschichte, das ist die *genetische Metamorphose* des sogenannten Stoffes, ohne die jene pädagogisch-psychologischen Vorlesungen überhaupt nicht richtig „ankommen“ können; nicht so nämlich, dass sie sich mit der Fachwissenschaft zu verbinden vermögen. Ein Umstand, der in den Diskussionen um die Lehrerbildung häufig nicht bemerkt wird.

Solang wir nicht auch genetische Fachvorlesungen haben, so lange also das Fachstudium eine entpädagogisierende Wirkung hat, können wir allenfalls durch nachträgliche Regenerationsbemühungen noch etwas ändern und nur bei wenigen.

Es hat immer bedeutende Fachmathematiker gegeben, die, wohl aufgrund ihrer persönlichen Geistesart einen eminent pädagogischen, weil genetischen, Sinn gezeigt haben: Poincaré, Mach, Toeplitz, Polya, Freudenthal und Wittenberg, der uns so brauchbare und eindringliche Beispiele hinterließ<sup>50</sup>.

## *Moderne Mathematik*

Die zuletzt genannten und neuerdings D. Laugwitz<sup>51</sup> haben sich sehr skeptisch zu gewissen übereilten Schulversuchen mit der modernen Mathematik geäußert. Laugwitz hat im Besonderen darauf hingewiesen, dass pädagogische Entscheidungen leicht durch die Position beeinflusst werden, die der Lehrer als Mathematiker einnimmt in der Diskussion über die Seinsweise der mathematischen Gegenstände. Das heißt zu der Frage, ob sie „an sich schon da seien“ und von uns entdeckt, oder ob sie vom erfindenden Mathematiker erschaffen werden. Es zeigt sich, dass der zweite, der konstruktive, Standpunkt für pädagogische Argumente empfänglicher macht.

Im Ganzen kann ich zu der Frage nach der Einführung der modernen Mathematik in die Schule so wenig sagen, wie einer kann, der von der modernen Mathematik beliebig wenig weiß. Als eine Art Lotse, der die Küstengewässer kennt, verstehe ich nichts von Hochseeschifffahrt. Wer von moderner Mathematik nichts weiß, kann aber auch nichts gegen sie haben.

Da ich andererseits mehr Fühlung mit Mathematik habe als, leider, die meisten Pädagogen (obwohl sie alle „Abitur haben“), kann ich vielleicht doch ein wenig vermitteln.

Was den Pädagogen angesichts der gegenwärtigen Reformbewegung wachsam macht (wofern er sie bemerkt), ist die einseitige Herkunft ihres Elans. Er hat den Eindruck, dass es sich fast ausschließlich um eine Modernisierung des sogenannten Stoffes, eine Auslichtung und Umordnung, handelt, im Sinne einer Annäherung an die Front der gegenwärtigen Forschung. Dagegen

---

<sup>50</sup> A. I. Wittenberg: *Bildung und Mathematik*, Stuttgart 1963; Ders.: *Redécouvrir les mathématiques*, Neuchâtel, 1963. – H. Freudenthal: *Was ist Axiomatik und welchen Bildungswert kann sie haben*, in: *Der Mathematikunterricht* (Klett), 1963/4, S. 5.

<sup>51</sup> D. Laugwitz: *Sinn und Grenzen der axiomatischen Methode*, in: „*Der Mathematikunterricht*“, 1966/3, S. 16.

wäre nichts einzuwenden, wenn zugleich ebenso stark ein anderer und, wie ich glaube, wichtigerer Impuls in Fluss käme, der seit Jahrzehnten fällig ist, nämlich eine pädagogische Modernisierung, eben im Sinne des genetischen Prinzips. Ich stimme also mit H. Freudenthal überein, wenn er schreibt: „Das erste Anliegen ist heute nicht, den Unterrichtsstoff sondern den Unterricht zu modernisieren.“ Offenbar in genetischer Richtung, denn er sagt in dem gleichen Vortrag: „Dass der Schüler etwas lernen muss, ist nur richtig, wenn dem „muss“ ein Bedürfnis des Schülers (nicht des Lehrers) vorangeht<sup>50</sup>

Das Problem, ob und wie moderne Mathematik genetisch zu unterrichten sei, wird nur Jemand lösen können, der beides kennt und bejaht.

Ohne Kenntnis der modernen Mathematik lässt sich nur soviel sagen:

Es ist kein Zufall, dass die moderne Mathematik erst im 20. Jahrhundert entstanden ist. Andererseits *hat* sie, wie alles, eine Genese.

Dass sie in der Schule nicht früh einsetzen darf, dafür scheint der Satz Freudenthals<sup>51</sup> zu sprechen: „Man kann ein Gebiet, das man nicht kennt, nun einmal nicht ordnen.“

Es ist aber andererseits nicht auszuschließen (da Genese nicht Historie ist), dass es eine abkürzende und doch echte Genese gibt, ähnlich wie sie bei gewissen Zugängen zu der, ja ebenfalls jungen, Relativitätstheorie möglich erscheint.

Die Kernfrage: ist es so, dass die modernen Fragestellungen, Begriffe, Symbole und Strukturen sich dem Schüler aus der Sache aufdrängen (ähnlich wie die geologischen Fragen aus der Landschaft), ohne dass der Lehrer sie ihm aufnötigt oder auch gefällig macht? Natürlich hat der Lehrer – wie gesagt – etwas zu tun: er hat ein Fragen und auch Begriffe<sup>52</sup> provozierendes ursprüngliches Material (also Körper, Figuren, Mengen von Gegenständen) zu exponieren und möglichst wenig zu sagen.

Von den Problemen der mathematischen Ontologie und von der Frage, ob überhaupt die axiomatische Mathematik als die moderne schlechthin bezeichnet werden dürfe (Der Mathematikunterricht, 1966/3), kann ich hier absehen. Einmal, da ich hierzu nicht genügend urteilsfähig bin, zweitens, weil ich meinen Standpunkt rein pädagogisch, fachunabhängig, begründe aus den auf S. 2 und 3 genannten drei Prinzipien.

Ihre Richtigkeit ist nicht beweisbar, man muss sich entscheiden. Die pädagogische Entscheidung hängt davon ab, wie man die Zukunft des Menschen wünscht, die des Kindes und die der Menschheit. Im Besonderen kann man das Prinzip der Kontinuität (des „enracinement“) so formulieren: *der Mensch darf nicht gespalten werden, wo er ganz bleiben kann.* (Es ist nicht identisch mit dem Ideal der harmonischen Persönlichkeit. Spannungen sind unvermeidlich, aber sie sollten nicht zu Diskontinuitäten führen, und Polaritäten nicht zu Verdrängungen.)

---

<sup>52</sup> So ist – ein Beispiel aus der Physik – die „elektrische Ladungsmenge“ ein *Begriff*, dessen Frühformen sich bei spielendem Umgang mit Elektroskopen aufdrängen, ohne dass der Lehrer etwas zu sagen braucht. Näheres auf S. 57 f. meines Buchs „Die pädagogische Dimension der Physik“, Braunschweig, 3. Aufl. 1970.

Wer diesen Prinzipien zustimmt, wird auch dann, wenn er an den, wie Laugwitz (a.a.O. S. 21) ihn nennt, mathematischen „Ideenhimmel“ glaubt, sich überlegen, wie man in ihn hineinkommt und hineinführt. Auch er kann nicht wollen, dass man ein Kind oder auch einen unwissenden Erwachsenen in ihn einfach versetze, wenn ein ungespaltener, und dazu ein produktiv und kritisch Denkender aus ihm soll hervorgehen können. Man wird eine Art Himmelsleiter für notwendig halten, und zwar nicht eine vorgefertigte heruntergelassene, von deren Spitze der Lehrer den nur logisch angeseilten Neuling unfallsicher und vielleicht sogar mitreißend, aber ohne sachliche Motivation hinaufzieht. Wir werden uns vielmehr eine Treppe vorstellen müssen, welche die Lernenden gemeinsam mit ihrem Lehrer bauen, nachdem sie sachliche Motive für einen solchen Bau erkannt haben.

Die Alternative „von der Sache aus *oder* vom Kinde aus?“ ist reif, als solche zu verschwinden. In der gelingenden pädagogischen Situation arbeitet das Kind nie anders als sachlich. Aber die Sache zieht und erzieht es nur insoweit sie seinen geheimem (ihm unbewussten) Erwartungen und *Steigerungs*-Wünschen entspricht. Das Verhältnis des Lernenden zu seinem Gegenstand ist der Gravitation verwandt, die man ja auch nur von Erde und Mond zugleich bestimmt denken muss. Die Sache ist für das Kind eine anziehende, und das Kind ist zur Sache ein drängendes. Wo es nicht so aussieht, sind es unsere Institutionen, die der Prüfung bedürfen. (Siehe Anhang)

Man hört bisweilen, Kinder wollten „gefordert“ werden. Das kann leicht als nach Pistole und Pulverrauch riechend missverstanden werden. Gemeint kann nur sein: Die Kinder sind es, die fordern, und zwar vom Lehrer, dass er sie geistig herausfordere. Das heißt, sie erwarten von ihm Hilfe wie auch Nicht-Hilfe. Genau das sagen zwei Sätze von Maria Montessori: 1. (Das Kind sagt zum Lehrer:) „Hilf mir, dass ich es von mir aus tun kann“, 2. (Sie rät dem Lehrer, er) „solle Ziele setzen, wohl außer der Reichweite, aber durch ein sich-Recken des Geistes erreichbar.“<sup>53</sup>

Ich kann zur Frage „Moderne Mathematik und Schule“ nur eine allgemeine Erfahrung beitragen: Auf jeden Fall warne ich vor einem voreilenden Verlassen der Muttersprache zugunsten einer verfrühten Ausgabe von Symbolen. Diesen Fehler sollten wir diesmal nicht wieder machen. Das Vorwegnehmen nimmt dem Schüler etwas, wo es ihm zu geben glaubt.

Das gilt für alle Fachsprachen, nicht nur die mathematische. Und jenes „nicht hinter sich die Schiffe verbrennen“ gilt auch für die Schiffe der Schüler. Ein anfangs eingewurzelter Lehrgang kann nämlich auch noch nachträglich zusammenstürzen, wenn er immer nur „vorangetrieben“ wird und nicht auch immer wieder das Vor-und-zurückgehen übt, auch zurück vom Kalkül zur Sprache und von der Fachsprache zur Muttersprache.

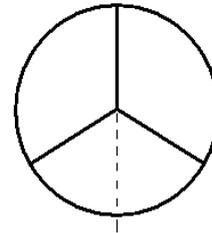
---

<sup>53</sup> M. E. Standing: Maria Montessori, Stuttgart, 1952, S. 198

Nicht also sollte der Schüler lernen, so etwas wie das Einund-einhalbfache des Drittels nur automatisch zu rechnen.

$$\left(1\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{3 \cdot 1}{2 \cdot 3} = \frac{1}{2}\right)$$

Er sollte auch, und zuerst, dasselbe ohne Symbol und Kalkül *sehen* und leisten und *gerade das* immer wieder üben<sup>54</sup>.



Und die Frage, warum eine lang aufgehängte Pendellampe, mit Öl gefüllt erstaunlicherweise ebenso schwingt wie leer, sollte ein Prüfling nicht nur mit dem Hinweis auf das in  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  „fehlende m“ zu beantworten wissen. Er sollte es auch, und vor allem, „primitiv“, und dabei vielleicht mehr verstehend, etwa so sagen können: der schwere Pendelkörper strebt stark nach unten, ist aber auch schwer in Gang zu bringen; der leichtere kommt leichter in Gang; aber ihn zieht es auch nicht so stark abwärts<sup>55</sup>.

### *Das kritische Vermögen*

In diesem Zusammenhang gewinnt nun unsere dritte formative Tugend des *kritischen Vermögens* eine Ausweitung. Sie äußert sich im Gefolge des produktiven Findens längs eines umfangreichen Entdeckungszuges als die vom Lernenden immer wieder eingreifende Kontrollinstanz: zunächst für die logische Folgerichtigkeit. Dabei ist der Blick auf die Sache gerichtet. Ich möchte aber hineinnehmen auch den reflexiven Blick, den der Lernende auf sich selber zu wenden lernen muss, zur Kontrolle des *bruchlosen* Fortschreitens zu abstrakteren Lagen, (eines Fortschreitens, vor dem sich das Dunkel lichtet, und hinter welchem es nicht wieder dunkel werden darf). Aber ich meine damit jetzt nicht das selbstverständliche Behalten elementarer Kenntnisse und der logischen Verbindungen, sondern das Nicht-Vergessen ursprünglicher, primitiverer, naiver Weisen des Verstehens. „Kritisches Vermögen“ dient also

<sup>54</sup> Galilei, und nicht einmal zu Simplicio sprechend, kann für solche deutlichste Einfachheit der Aussage Vorbild sein: „Wenn etwas das dreifache, ein anderes das zweifache einer Sache ist, so ist jenes das anderthalbfache von diesem“ („Unterredungen . . .“, Neudruck der Wiss. Buchges. Darmstadt, 1964, S. 80) – Siehe auch Horst Karaschewski: Zusammenhänge zwischen Anschaulichkeit, Fertigkeit und Findigkeit, in: Der Mathematikunterricht 2/1967, S. 14.

<sup>55</sup> Andere Beispiele: Kinder fragen, warum der künstliche Satellit Jahrhunderte lang um die Erde fliegen kann. „Wo hat er soviel Treibstoff her? Und wer lenkt ihn, dass er immer schön in der Kurve bleibt?“ Mancher Hauptschullehrer (Abiturient) runzelt die Stirn und hält es für nötig, „erst einmal“ mit dem exakten Beharrungsgesetz, der Gravitation, der Zentrifugalkraft, der Beschleunigung, eine „solide Basis“ zu legen. (Näheres über einfachere Wege in meinen Schriften „Naturphysikalisch gesehen“ 5. Aufl., Westermann, Braunschweig 1975 und „Die pädagogische Dimension der Physik“, Braunschweig, 3. Aufl., 1971, S. 271 f.).

dem Schutz gegen Unlogik nicht nur, sondern auch dem Schutz gegen „Schizophrenie“. „Verwandelt Bewahren“ nennt es Spranger<sup>56</sup>.

### *Realisierung*

Wer, wie es hier geschieht, ein Verfahren in seiner Reinheit darzustellen versucht und empfiehlt, muss sich vor dem Missverständnis schützen, er habe gesagt oder gemeint: Kein anderes Verfahren! (Und: ab morgen; einzuführen womöglich auf dem Verordnungswege). Deshalb heißt es im Titel: das *Problem* des genetischen Lehrens.

Kein Problem ist es: gemessen an der Natur des Kindes, am Wesen der Wissenschaft und an den Forderungen der Zeit; in hohem Maß aber ist es ein Problem, gemessen an unseren historisch gewordenen und in eine Krise geratenen Bildungsinstitutionen. Vom Lehrermangel und den Klassenfrequenzen weiß nun die Öffentlichkeit. Sie weiß noch nicht, dass ein wirksamer, ein genetischer, Unterricht verlangt, *dass man bei der Sache bleibe*. Unsere hartnäckig tradierte Unterrichtsorganisation – als wirre Folge beziehungsloser Kurzstunden kaum Organisation zu nennen –, bedeutet eine planmäßige Planlosigkeit, eine Zersplitterung<sup>57</sup> von ungeahnter Unwirtschaftlichkeit. Diesem Verwaltungsschema und nicht der Lernpsychologie ist notgedrungen unsere Unterrichtsmethode angepasst. Sie muss sich und die Lehrer darin erschöpfen, gegen die permanente Verhinderung des Kontaktes – zwischen Schüler und Sache – fast aussichtslos anzukämpfen.

Dabei *gibt* es den Ausweg des *Epochenunterrichts*<sup>58</sup>. Einige Wochen lang bleibt die Gruppe möglichst *täglich*<sup>59</sup> mindestens zwei Stunden lang bei demselben Fach und demselben Themenkreis. Dann wechselt man die Fächer.

---

<sup>56</sup> Wie weit das „Verwandelt Bewahren“ zurückgehen sollte in die nicht-wissenschaftliche, die unmittelbare Welterfahrung zeigen: A. Portmann: *Welterleben und Weltwissen*, München 1964 und die „Zwischenbetrachtung: Fundamente im Sinnfälligen“ auf den Seiten 106/7 der Empfehlungen und Gutachten des Deutschen Ausschusses für das Erziehungs- und Bildungswesen, Folge 9 (Empfehlungen für die Neuordnung der Höheren Schule), Stuttgart, 1965 (S. 625/6 der Gesamtausgabe).

Auch die *Sprache* der unmittelbaren Welterfahrung (die *innerhalb* der exakten Wissenschaften zu Recht verpönte), die „anthropomorphe“, darf im Unterricht nicht verstummen, solange das Denken noch im Werden ist. Gerade dadurch, und nur dadurch, wird am Ende die exaktwissenschaftliche Sprache sich jedes mal wieder rein auskristallisieren. Beim Bedenken jedes neuen Problems darf der Sprache *anfangs* kein Zwang angetan werden. Auch der Lehrer sollte sich während der Genese keiner Askese befleißigen. Das Erlernen wissenschaftlichen Denkens und Sprechens kann durch Redeverbot und Imitation nicht geleistet werden. Ich halte es – im Gegensatz zu mancher üblichen Lehrprobenkritik – nicht nur für erlaubt, sondern für sogar förderlich, wenn der Lehrer, etwa, sagt: „Was“ (oder gar: „Wer“) „ist denn schuld (!) daran, dass der Stein unter Wasser so leicht wird?“ Oder: „Die Zahl  $3 \cdot 5 + 1$  ist also weder durch 3 noch durch 5 teilbar. Sie kann nicht! Selbst wenn sie selber es wollte, könnte sie es nicht!“).

<sup>57</sup> Vgl. in meinem Buch: „Ursprüngliches Verstehen und Exaktes Denken“, Stuttgart, Stichwort „Kurzstunden“, 2. Aufl. 1970, Bd. I u. II. – Eindrucksvolle Beschreibungen der heutigen Schulwirklichkeit bei H. Rumpf, *Die Misere der Höheren Schule*, Berlin-Neuwied, 1966, S. 6 ff., 16 ff.

<sup>58</sup> In meinem Buch: Stichwort „Epochenunterricht“. – Der Deutsche Ausschuss in der Folge 9 seiner „Empfehlungen und Gutachten“, Stuttgart, 1965, empfiehlt ihn für die Oberstufe und gibt auch organisatorische Hinweise: S. 28 u. 40 (Gesamtausgabe: Stichwort „Epochen“). – H. Rumpf, a.a.O., S. 159 f.

<sup>59</sup> Erst dadurch wird die mächtige Hilfe der „Unterbewussten Arbeit“ mobil gemacht. Siehe Polya, a.a.O. S. 216 ff.

Epochenunterricht ist hinreichend erprobt<sup>60</sup> und bewirkt eine Potenzierung des nachhaltigen Erfolges. Gewiss muss man, in die übliche Kurzstundenmethode eingewöhnt, gegen ihn Vorbehalte haben, wenn man annimmt, die Methode bleibe dieselbe. Aber sie ändert sich grundlegend, sie nähert sich dem *sokratischen Verfahren* an. Leonard Nelson<sup>61</sup> hat es am strengsten entwickelt. (Allerdings dürfen wir mit Kindern nicht so rigoros verfahren, wie er es mit Philosophiestudenten tun konnte). „Es ist nun keine Frage“, las ich kürzlich in einem bedeutsamen medizinischen Aufsatz<sup>62</sup>, „dass es institutionelle Formen gibt, die entscheidende Erfahrungen mit Kranken unmöglich machen“. Dabei war wohl an den Krankenhausbetrieb gedacht. Die Übertragbarkeit auf die Schule drängt sich auf: Es gibt institutionelle Formen, die entscheidende pädagogische Erfahrungen mit Schülern unmöglich machen. Die Kurzstunden-Schule ist eine solche Institution. Dass genetischer Unterricht eine veränderte Lehrerbildung voraussetzt, habe ich angedeutet. Der „Deutsche Ausschuss“ rechnet mit einer Anlaufzeit von zehn Jahren (bevor seine Vorschläge zur Neuordnung der Höheren Schule über Versuchsschulen hinaus realisierbar werden können).

Optimismus ist also nicht angebracht. Umso nötiger, dass wir uns bald entscheiden, was wir eigentlich wollen, und wo wir, in enger Zusammenarbeit von Schule und Hochschule jetzt schon anzufangen haben, und wo mancher einzelne Lehrer schon anfangen kann<sup>63</sup>. Denn zu glauben, solche didaktischen Fragen hätten erst einmal Zeit, erscheint mir so, als wolle die Mannschaft eines in Seenot befindlichen Schiffes, vollauf mit Pumpen und Reparieren beschäftigt, den Kompass ruhig über Bord gehen lassen. (Wobei in unserem Fall die Reparatur sogar richtungsabhängig ist).

Aber es gibt auch *Hilfen*; und von vielleicht unerwarteter Seite: Man kann den Eindruck haben, es stehe das *Genetische* Lehren in schroffem Gegensatz zu dozierendem oder gar technisiertem Unterricht. Dieser Gegensatz besteht gewiss, aber nicht im Sinne der Unvereinbarkeit sondern der gegenseitigen Ergänzung. Ich deutete es schon an: nicht *jede* Kenntnissnahme, nicht einmal jedes Verstehen, muss bildend sein. Zwar muss ein formativer Unterricht notwendig einige genetisch-sokratisch-exemplarische Bildungs-Pfeiler setzen – sie brauchen thematisch nicht einmal alle fixiert zu sein –; daneben aber kann es, muss es Informationen, Orientierungen geben, vergleichbar mit weit, sparsam, straff und schnell geführten *Verbindungs-Bögen*, die nicht nur durch Lektüre und Referate sondern auch mit allen Mitteln moderner *technisierter Information* ausgespannt werden können, wie Schulfunk, Fernsehen und – vernünftig programmierten – Lernmaschinen. Sinnvoll freilich nur dann,

---

<sup>60</sup> Nicht nur in der Odenwaldschule, sondern auch in den Waldorfschulen und staatlichen Versuchsschulen. Vgl. Z. f. Päd. 1961, S. 337 f.

<sup>61</sup> Leonard Nelson: Die sokratische Methode. – Der offenbar schwankende Begriff der Sokratischen Methode wird im vorliegenden Aufsatz etwa im Sinne von Nelson gebraucht, ungeachtet der Tatsache, dass der Sokrates der platonischen Dialoge die nach ihm benannte Methode nicht oder noch nicht so meinte und realisierte wie wir es wollen. (Deutlich gerade im „Menon“: Sokrates wartet nicht ab, bis der Sklave „es“ sieht; er sagt „es“ selbst.) – Hierzu Nelson, a.a.O. S. 205 f. Auch H. Rumpf: Die sokratische Prüfung, Z. f. Päd., 1967, S. 334.

<sup>62</sup> Wilhelm Küttemeyer: Das Menschliche in der Krankheit, Süddeutsche Zeitung, Nr. 134/135, 1965.

<sup>63</sup> Vorschläge dazu im „Anhang“.

wenn sie sich an den formativen Pfeilern buchstäblich befestigen. Das heißt: in den Bögen sollte nur vorkommen, was in den Pfeilern der *Art* nach, also „exemplarisch“, schon eingebaut ist. Unter derartigen, in weitestem Sinne programmierten Führungen kann es solche geben, in denen wiederum das genetische (aber kleingeschrieben!) Prinzip maßgebend ist. Andere mögen sogar vom Ergebnis her deduzierend und demonstrierend vorstoßen. (Bei solchen darlegenden Informations-„Bögen“ ist die Kurzstunde nicht nur zulässig sondern zu empfehlen. Nur sollte die Pause zwischen zwei aufeinanderfolgenden Stunden desselben Themas auch hier nicht ein bis zwei Tage überschreiten. Ebenso ist dabei die Sitzordnung des Hörsaals und eine große Hörerzahl anzuraten. Sie könnte, unterstützt durch technische Mittel, grundsätzlich in die Hunderte gehen; während die genetisch arbeitende Gruppe kaum mehr als zwanzig Teilnehmer haben sollte (auch nicht viel weniger), die seminarartig um einen großen Tisch herumsitzen. (Der Tisch ist besser als die offene Runde. Die Tischplatte verbindet.)

### *Die Qualitäten des genetischen Lehrens*

1. Es bemüht sich um die „Einwurzelung“ (im Sinne Simone Weils), ohne die es keine Formatio gibt. Denn Spaltung der Person ist der Gegensatz zur Bildung.
2. Es lehrt zuerst das produktive Suchen, Finden, und das kritische Prüfen und gibt damit ein authentisches Bild der lebenden Wissenschaft.
3. Es macht Gebrauch von der angeborenen Denk- und Lernlust des Kindes. Daher sein hoher Wirkungsgrad.

Deshalb: je schneller, je faszinierender eine moderne Wissenschaft im Fortschreiten zum Abstrakten ist, desto bewusster sollte sie, als Unterrichtsfach in den Schulen (und, soweit sie Lehrer bildet, auch in den Hochschulen), falls sie dort eine allgemein-bildende Funktion sich bewahren will, ihre Modernität auch pädagogisch anstreben, indem sie ihre Hauptsorge darauf richtet, dass sie für den Lernenden immer mit der ursprünglichen Wirklichkeit und dem ursprünglichen Denken und Sprechen verbunden und auf sie gegründet bleibt. Werdende lernen am wirksamsten an Werdendem, und zwar dann, wenn wir sie ausgehen lassen von Erstaunlichem, das ihr Gespräch zu Einfalt und Selbstkritik herausfordert.

Das kann gelingen, wenn wir Lehrer hinter uns selber nicht, und hinter den Schülern nicht, „die Schiffe verbrennen“; oder, in dem anderen Gleichnis: wenn wir uns hüten, „an den Halmen zu ziehen“.

### *Zusammenfassung*

Die moderne Welt verlangt einen vor unerwarteten Aufgaben produktiv denkenden und kritisch prüfenden Menschen, dessen Abstraktionen ohne Spaltung aus der ihm unmittelbar gegebenen Wirklichkeit hervorgehen. Die dazu erziehende Didaktik verschmilzt genetische, sokratische und exemplarische Elemente zu einer Einheit, die hier „Genetisches Lehren“ genannt wird. Es ist zugleich das-jenige, welches die Begabungen, auch die verborgenen und die bedächtigen, sicher auffindet und wachruft.

Am Beispiel von zwei Lehrgängen, einem geologischen und einem physikalischen, wird ausführlich gezeigt, was gemeint ist: eine Einführung in die lebende, nicht in die nur verwaltende Wissenschaft. Dabei wird das „Genetische Lehren“ in Vergleich gesetzt mit dem üblichen („darlegenden“) Unterricht, mit historisierendem Vorgehen, mit der induktiven Methode und mit technisierter Information. Im Zusammenhang mit dem Problem der „Verfrühung“ gilt eine besondere Betrachtung dem Mathematikunterricht und der Frage nach dem Ort der „Modernen Mathematik“ in der Schule. Die erwiesene Unwirtschaftlichkeit der traditionellen Unterrichtsorganisation – Zerstückelung in planlos wechselnde Kurzstunden – fordert den „Epochenunterricht“ (einige Wochen lang täglich dieselben wenigen Fächer in je mindestens zwei Stunden). Er ist eine Voraussetzung des Genetischen Lehrens.

Eine zweite ist die genetische Akzentuierung des Fachstudiums der Lehrer auf den Universitäten und den Pädagogischen Hochschulen im Sinne von Mach, Toeplitz, Polya und Wittenberg. Epochale genetische Lehrgänge stehen nicht im Widerspruch zu schnellen informativischen Kursen in technisierter Form. Vielmehr sind sie deren Voraussetzung. Zugleich bedürfen sie ihrer zur Ergänzung.

## Anhang I

*Was kann der einzelne Lehrer heute tun,  
um annähernd genetisch zu unterrichten?*

Wie soll der Lehrer aber anfangen können, wenn ihm die organisatorische Voraussetzung, der Epochenunterricht, fehlt? Um nicht gerade solche Lehrer zu entmutigen, denen das *Genetische* Prinzip am meisten einleuchtet, lasse ich hierzu einige Vorschläge folgen. Sie kommen aus der Praxis.

Doppelstunden sind ein gewisser, noch unzureichender Ersatz für Epochenunterricht. Denn Zwischenzeiten von mehreren Tagen, angefüllt mit vielen anderen Unterrichtsfächern, lassen es kaum zu der intensiven inneren (auch unbewussten) Fühlung zwischen Schüler und Sache kommen, die Voraussetzung ist. Immerhin bedeuten Doppelstunden eine Erleichterung.

Aber sogar im Kurzstunden-Betrieb – und erst recht also bei Doppelstunden – ist es möglich, wenigstens in der *Richtung des Genetischen* Lehrens Erfahrungen zu machen; wenn auch in ständigem Widerstand gegen die abträglichen Unterbrechungen. Der Wirkungsgrad wird dann zwar geringer sein als bei Epochenunterricht, aber doch größer als der des zur Zeit herrschenden Verfahrens (vorausgesetzt, man misst ihn an der *Nachhaltigkeit* des Gelernten). Ich möchte nun andeuten, wie ein solcher, zwar an Kurzstunden gefesselter doch ins *Genetische* tendierender Unterricht aussehen könnte.

Man mag zuerst meinen, was wir „Arbeitsunterricht“ nennen, bedeute schon einen Schritt in dieser Richtung. Denn er bemüht sich ja, die Fragehaltung des Schülers zu ermutigen und seine auf das „Ziel der Stunde“ hinarbeitende Selbsttätigkeit. Aber gerade dieser, gleichsam im Käfig der Kurzstunde ablaufende Arbeitsunterricht (so gewiss er, verglichen mit dem Dozieren, seine Vorteile hat) verhält sich zum *Genetischen* nicht wie eine Vorstufe zum Gipfel, sondern (gerade wegen jener gewissen Verwandtschaft) wie eine Karikatur zum Original. Und zwar deshalb, weil er die Kurzstunde nicht nur erduldet, sondern sie respektiert, ja seine ganze Methodik und seinen Aufbau der „Stunde“ ihr widerspruchslos einfügt. Deshalb fehlt der über Wochen anhaltende Sog des sachlichen Motivs, den ich zu beschreiben versuchte. Im Epochenunterricht dagegen kommt er auf, weil ja für eine Periode immer nur einige der vielen Fächer (hier nun wirklich) „zum Zuge kommen“. Ihr Vordringen gleicht einem beharrlichen und tiefgehenden Fließen in geräumigem Flussbett, angetrieben von jenem Sog. (Die übrigen Fächer ruhen indessen und sammeln gleichsam Kräfte, bis dann sie an die Reihe kommen.) Der konventionelle Stundenplan dagegen, der jedes Fach wenigstens einmal in der Woche bewegen will, erinnert an ein Pumpwerk, das den Stoff durch ebenso viele Kapillaren wie es Fächer gibt in mühsamen Stundenstößen hindurchpresst, die Kraft des pumpenden Lehrers zermürend, die Kräfte der Schüler nicht befreiend. Die Röhren sind zu eng, und es sind ihrer zu viele. Nichts kommt recht in Gang, mag das Pumpgeräusch auch manchmal munter klingen. – „Arbeitsunterricht“ in Kurzstunden ist also nicht gemeint. Was ich empfehle, um in einem – man könnte sagen: – Kurzstunden-Notstandsunterricht Ansätze *Genetischen* Lehrens kennen zu lernen, ist Folgendes:

1. Man beginne nicht etwa in allen Klassen, die man unterrichtet, auf einmal, sondern nur in einer einzigen: der Klasse, mit welcher man am meisten vertraut ist. – Gut, wenn es eine *kleine* Klasse ist.
2. Auch hier versuche man es nur eine Zeitlang – einige Wochen – und womöglich im Einverständnis mit der Behörde, sonst aber möglichst unauffällig.
3. Das Thema (abgesehen davon, dass es in dem beschriebenen Sinne geeignet ist) sollte zu denen gehören, die den Lehrer persönlich immer wieder anziehen; insofern es ihn drängt, es auch für sich selber noch mehr in seinen Grundlagen zu klären und zu vereinfachen; obwohl, oder vielmehr weil, er in diesem Bereich besonders gut Bescheid weiß. Mit anderen Worten: er muss hier selber etwas lernen wollen; nicht im Sinne der „Weiterbildung“, sondern im Sinne der ihm noch immer nicht genügenden Grundbildung.
4. Das Wichtigste und wohl Schwierigste: man breche völlig mit der Methodik, die durch die Kurzstunden *erzeugt* ist. Man arbeite also gegen die „Stunde“ und für die kommenden Wochen. Man nehme sich soviel Zeit wie nötig ist für das Aufkommen eines Genetischen Unterrichts, ohne an das Klingelzeichen überhaupt zu denken. Ein „Ziel der Stunde“, ein „Ergebnis“, wird also nicht geplant; (kommt es dazu: gut, aber) das erste und lange Zeit einzige Ziel ist ein anderes: die gelingende „Exposition“. Sie gelingt, wenn sie die Föhlung, die „Aufmerksamkeit“ im Sinne Simone Weils erregt (so wie ein Windstoß den Wasserspiegel kräuselt). Mag das auch erst nach vierzig Minuten geschehen. Und mag dann auch dieser gekräuselte Denkspiegel durch das Ende der Stunde umgekippt und ausgegossen werden: man nehme diesen Abbruch als unabwendbares Naturereignis gelassen hin. Wenn es dann nach 3 oder 7 Tagen, in der „nächsten Stunde“, so aussieht, als sei man keinen Schritt weiter gekommen (denn alles scheint vergessen), so lasse man sich nicht irre machen. Nichts ist umsonst. Man beginne in dieser zweiten Stunde von neuem (nicht zu reden, sondern zu „exponieren“), als sei es zum ersten Mal. Vielleicht kehrt jene Nachdenklichkeit diesmal schon nach dreißig Minuten wieder. (Man wird sich nicht langweilen: es ist höchst interessant, wie „es“ wiederkommt, immer früher, immer etwas anders, intensiver und erkannter). Dass man nicht weiterkomme, ist nicht richtig, das merkt man bald. Man kommt zwar *nicht* weiter in der scheinhaften Erledigung von Lehrbuchseiten. Aber der „Denkdruck“ steigt. Der Kondensationspunkt produktiver Prozesse nähert sich. Obwohl der Stoff-Pegel zu stehen scheint. Nichts wäre hier hinderlicher, als „mitreißend“ oder „faszinierend“ sein zu wollen.

Irgendwann, nach Tagen, wird dann der Augenblick gekommen sein, in welchem der Aggregatzustand der Gruppe sich ändert. Die Oberfläche lässt Strömungen erkennen.

Es ist nicht leicht, die damit überstandene erste Phase der „Verzögerung“ und der „Rückschläge“ (so meint man) ohne Ungeduld zu ertragen und die Ursache weder bei den Schülern noch bei sich selber zu suchen, sondern in der zeitlichen Verstückerung des Unterrichts zu *erkennen*.

Es gibt ein Kennzeichen dafür, dass dieses erste Stadium überwunden ist: die Frage des Lehrers, gestellt zu Beginn der Stunde, braucht nun nicht mehr zu sein: „Erinnert ihr euch noch an die vorige Stunde? Erinnert sich einer von euch noch an irgend etwas?. Sondern es genügt dann zu sagen „Was nun?“, um das Gespräch beginnen zu lassen. – Im Epochenunterricht wird es immer so weit kommen. Im Kurzstunden-Notstand wenigstens bei einigen Schülern. Sie können dann andere anstecken.

5. Man führe das Gespräch sokratisch, etwa im Sinne Leonard Nelsons. Zwar nicht – wie gesagt – so rigoros, wie er ältere Studenten der Philosophie herannehmen konnte (das erzeugt bei Jugendlichen begreifliche Aggressionen), aber doch möglichst schweigend und zuhörend; geduldig wartend, nicht passiv und nicht hart, sondern mit vertrauender stützender Geduld, mit (unsichtbarem) „Harren“ (wenn ein fast theologischer Ausdruck erlaubt ist.) – Zuerst muss man ja erreichen, dass die Schüler miteinander reden und nicht immer auf den Lehrer schielen, wenn sie etwas gesagt haben; ein trauriges Ergebnis unsrer Schule, das bei referierenden jungen Studenten fast durchweg zu beobachten ist. – Das Wichtigste: dass *allen* klar ist, worüber gedacht und geredet wird. Andernfalls – und dieser Fall ist heute bei unseren Klassenfrequenzen für ich weiß nicht wie viele (auch begabte) Schüler die Regel – andernfalls können wir uns nicht wundern, wenn nicht gedacht wird. Deshalb wird man, nach Nelsons Vorbild, immer wieder Fragen folgender Art stellen: Worüber sprechen wir jetzt? Was wollten wir eigentlich herausbringen? Sind wir weiter gekommen? Wer ist einverstanden mit dem, was er eben gesagt hat? Hast du selbst verstanden, was du eben gesagt hast? Sag es noch einmal anders. Hat ein anderer verstanden, was er gemeint haben kann? – Und so fort, bis fast alle verstanden haben. – Dies zu erreichen ist eine Aufgabe nicht des Lehrers allein (wenn auch er es ist, der zu dieser Aufgabe *führt*), sondern die gemeinsame Arbeit aller. Solang unser Unterricht unter Stoff- und Zeitdruck steht, kann kein Denk-Druck aufkommen und der Lehrer muss sich von dieser Aufgabe dispensiert fühlen. Und die Eltern gar, besonders die deutschen, sind schon ganz daran gewöhnt, die Schule für ein Wettrennen zu halten, bei dem die „Guten“ von den „Schwachen“ oder „Schlechten“ nicht „aufgehalten“ werden dürfen. Sie sehen das Miteinander-Arbeiten als ein Unwesen an, bei dem der „Bessere“ nur Zeit verliert, indem er den Dummen „hilft“, und auch dem Lehrer hilft, dessen Sache das doch eigentlich wäre. Sie ahnen nichts von dem, was ein „Helfender“ gewinnt. Man kann ihnen keinen Vorwurf machen, da unsere Schule den Schnellen mit dem Begabten zu verwechseln nahe legt und das Überholen belohnt.

Den Kindern kann man diesen Konkurrenz-Wahn ganz gut abgewöhnen. Sie erwärmen sich für das Miteinander-Denken, sie erfahren wie befreiend es ist, und Kräfte (weil Freude) auslösend, wenn man nicht mehr aus Ehrgeiz und Notenfurcht „arbeitet“, sondern wenn es in einem aus *sachlichen* Motiven zu arbeiten anhebt. Mag das Ziel auch so unerreichbar scheinen wie der Weltfriede, so utopisch wie die Gesundheit: Der Unterricht sollte dahin wenigstens seine *Richtung* nehmen, dass jeder einzelne Schüler sich mit verantwortlich fühle dafür, dass *alle* verstehen.

## Anhang II

Es gibt noch einen zweiten, weniger harten und weniger auffälligen Weg, sich dem genetischen Lehren wenigstens anzunähern. Er verzichtet auf den Epochenunterricht und auf das im Anhang I beschriebene Widerstands-Verhalten. Er lässt sich im heute üblichen Schulalltag als vorbereitende aber schon recht wirksame Richtlinie einhalten. Dafür müssen allerdings das „exemplarische Prinzip“ und die „sokratische Methode“ zurücktreten. Es entstehen so einige genetische Faustregeln für die zeitliche Reihenfolge. Sie haben alle die Form „Erst dies – dann jenes“.

Damit werden aber nicht Lehr-„Stoffe“ geordnet, sondern Stufen des Anstieges zum Verstehen.

Es geht bei dem Verfahren, das die folgenden Regeln beachtet, um mehr als um das Sicherstellen von Richtigkeiten (das sich mit dem „Kapieren“ genug sein lässt), sondern um das Aufkommen von Einsichten. Verstehen heißt: Selber einsehen, „wie es kommt“.

### 1. Regel (die wichtigste und für alle Fächer gültige):

Nicht immer: *Erst* das Selbstverständliche, Einfache (und Langweilige), *dann*: allmählich das Schwierigere,

sondern oft: *Erst etwas Erstaunliches, also schon (doch nicht allzu sehr) Kompliziertes, Problematisches vor den Schülern ausbreiten, dann: in diesem Problematischen in produktivem Denken ein Verständlicheres, Gewohntes erkennen lassen, auf dem es „beruht“ (im „Fremden“ einen „alten Bekannten“ wiedererkennen),*

Denn der Lehrende kann dem Lernenden das Verstehen nicht abnehmen oder vormachen. Wirkliches Verstehen ist ein Akt, den der Lernende selbst vollziehen muss; und auch will, vorausgesetzt, dass seine Lust am Verstehen *sachlich motiviert* ist, das heißt von dem vorgelegten Problem herausgefordert wird.

(Etwas schlagworthaft: Der Schüler soll nicht (und will nicht): sich etwas einfüllen lassen, sondern er soll sich etwas einfallen lassen können.)

---

Das wünschenswerte Einarbeiten von Beispielen würde den Anhang II zu einem besonderen Aufsatz ausdehnen, der noch nicht geschrieben ist. Ich gebe stattdessen hier Hinweise auf Beispiele in meinen Büchern: *Natur physikalisch gesehen*, 5. Aufl. Braunschweig 1975, (Abkürzung: N), *Die Pädagogische Dimension der Physik*, Braunschweig 3. Aufl. 1971, (Abkürzung: D) – Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken, Stuttgart, 2. Aufl. 1970, (Abkürzungen: UI für Bd. I, UII für Bd. II.) Nach den Abkürzungen folgt die Seitenzahl.

1. Regel: D 48, 70 ff; UI 430 f; UII 25 ff; 110 ff; 136 f.
2. Regel: N 59 f; D 48 ff, 70 ff; UII 25 ff, 110 ff.
3. Regel: D 51 ff, 180 ff; UII 46.
4. Regel: D 57, 191 ff, 276 ff, 294 ff; UI 92 ff, 239 f; UII 110 ff.
5. Regel: D 36 f, 260 f; UI 504 ff.
6. Regel: D 208; UI 67 ff, 80 f, 423, 425.
7. Regel: D 209 ff; UI 487 ff; UII 99 ff, 158 ff.
8. Regel: UI 339, 340 f.
9. Regel: D 93, 209; UI 350, 378, 426.

**2. Regel** (für Naturwissenschaften):

*Erst das Natur-Phänomen, dann das Labor-Phänomen,*

**3. Regel** (für Naturwissenschaften):

*Erst „qualitativ“, dann quantitativ.*

**4. Regel** (für Naturwissenschaften):

*Erst das Phänomen, dann die Theorie und die Modellvorstellung.*

**5. Regel** (für die Technik):

*Entweder: Erst die Entdeckung, dann die Erfindung,*

*Oder: Erst der fertige (aber gerade noch durchschaubare) Apparat,  
dann das „Ausgraben“ des „Natürlichen“ in ihm.*

**6. Regel** (für alle Fächer, in denen Denk-Automatismen auftreten):

in der Mathematik: Kalküle; in der Physik: Allgemeine Prinzipien, Gesetze, Formeln; in den Sprachen: Grammatik, Interpretations-Schemata und so fort):

*Erst: den Einzelfall anwesend sein lassen und mit den einfachsten, seiner Besonderheit zugewandten Denkmitteln verstehen (sozusagen mit den „bloßen Händen“, mit dem „gesunden Menschenverstand“),*

*dann: ihn, falls nötig, nach allgemeinen Regulativen entscheiden (mit „Werkzeug“).*

**7. Regel** (für alle Fächer; verwandt mit Regel 6):

*Erst die Muttersprache, dann die Fachsprache (und immer wieder auch zurück zur Muttersprache)*

Nicht also: die Muttersprache als ein zu Ersetzendes, oder gar Auszumerzendes ansehen, sondern als ein ganz Auszuschöpfendes und doch Bleibendes, neben und unter der Fachsprache. Die Muttersprache ist die Sprache des Verstehens, die Fachsprache besiegelt das Ergebnis in einem letzten Arbeitsgang.

**8. Regel** (für alle Fächer):

Nicht: erst die Schnellen (die „Zugpferde“) gewinnen, dann die Langsamen nachschleppen. Denn die Schnellen sind ebenso wenig immer die Klugen wie die Langsamen immer die Dummen sind.

Sondern: *Erst die Langsamen, dann die Schnellen.*

Das kann leicht missverstanden werden. Es bedeutet nicht etwa: nur mit den Langsamen arbeiten und die Schnellen langweilen, aufhalten und ungeduldig werden lassen. Es bedeutet: das Gespräch aller miteinander so führen, dass das Verständnis der Schnellen (oft Voreiligen und Oberflächlichen) sich an den Nachdenklichkeiten der Langsamen (oft nur Bedächtigen und Besonnenen) misst.

**9. Regel** (für alle abstrahierenden Fächer, besonders die Naturwissenschaften und die Mathematik, und bei Koedukation in Gruppen, die nicht Altersklassen sind):

*Erst die Mädchen,  
dann die Jungen.*

Das heißt nicht: langsam, damit die (in Mathematik und Naturwissenschaften als unbegabt verschrieenen) Mädchen „mitkommen“, sondern: die Mädchen dafür sorgen lassen, dass die Jungen die Abstraktionen nicht abspalten statt sie anwachsen (ausgliedern) zu lassen.

„...Beide unterrichteten Mathematik, ein Fach, das für mich ein faszinierendes Geheimnis war und geblieben ist. Ich weiß, ich würde es begreifen, wenn ich nur dahinter käme, worum es sich eigentlich handelt.“

*Mary Stolz*

(Die Außenseiterin, Arena Taschenbuch 1154, S. 13)

„Es wäre eine Frage, was wohl im gemeinen Leben am geschicktesten sei, die Menschen auf wichtige geometrische Sätze zu führen. Gewiss ist es, dass man nicht von der geraden Linie darauf gekommen sei...“

*G. Chr. Lichtenberg*

(Schriften und Briefe I, Hanser, München 1968, S. 11)