

Die Erfahrung des Erdballs (1967)*

Beitrag zu einer genetischen Didaktik der Himmelskunde †

Martin Wagenschein

„Warum die Mathematik der Planeten lernen, wenn wir den Sinn für die Erde darüber verlieren?“
Charles A. Lindbergh¹

„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 aber 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 Umweltbeziehungen heraus, wie man die kleinen Polynesier aus ihrer Vergangenheit reißt, indem man sie aufzusagen lehrt: Unsere Vorfahren, die Gallier, waren blondhaarig.“
Simone Weil²

Inhaltsverzeichnis

1	Zur Einführung	1
2	Einleitung	2
3	Die Erdgestalt	3
4	Die tägliche Umwälzung	15
5	Der jährliche Umlauf	22
6	Der physikalische Aspekt des Himmels	27
7	Anhang	29
8	Nachwort 1970	31

* Aus: M. Wagenschein, „Naturphänomene sehen und verstehen – Genetische Lehrgänge“, Klett, Stuttgart 1988 (im folgenden zitiert als „NP“), S. 309-342, nach L^AT_EX übertragen von U. Backhaus.

† Teile dieser Arbeit erschienen unter gleichem Titel als Beitrag zu der Festschrift für Friedrich Trost. „Erziehung als Beruf und Wissenschaft“, hrsg. v. A. Asmus u. J. P. Ruppert, bei Moritz Diesterweg, Frankfurt a. M., 1961, S. 131-143.

¹ „Mein Flug über den Ozean“, Fischer-Bücherei, Nr. 125, S. 306.

² „Die Entwurzelung“, München, 1956, S. 75. – Siehe auch Rowohlts Bildmonographie 166 (1970).

1 Zur Einführung

Der folgende Text ist weder eine physikalische noch eine historische Darstellung. Er versucht aber, Materialien aus beiden Bezirken verwendend, einen Beitrag zu geben zur *genetischen Metamorphose*³ des sogenannten Lehrstoffes. Sie erscheint mir gegenwärtig als das für den Fachlehrer Wichtigste. Zwar fände sie ihren Ort am wirksamsten und rationellsten in enger und ständiger Parallelführung im Fachstudium der künftigen Lehrer an den Hochschulen. Solange aber diese Aufgabe der fachlichen Lehrerbildung dort noch nicht gesehen wird, müssen wir Lehrer selber den schwierigeren Weg gehen, uns erst nachträglich wieder zu befreien von der starren Auffassung (die für den Berufsphysiker ausreicht, für den Physiklehrer nicht): daß unsere Wissenschaft im Elementaren fertig und nur an ihrer derzeitigen Front aktuell sei. Uns als Lehrern muß alles wieder aktuell werden. Wir dürfen unsere Wissenschaft nicht nur als heutige und zukünftige, auch nicht nur als gewordene, sondern als in allen ihren Schichten werdende Wissenschaft sehen, auch in den „hinter“ uns „liegenden“. Was das heutige Fachstudium uns als das Fertige und Geklärte zu registrieren lehrt, müssen wir erinnern als aus dem Dunkel sich aufrichtende *Fragen*, an denen *vor* uns Klügere als wir gescheitert sind.

Ein Unterricht, der für die moderne Welt produktive Köpfe fördern will, darf sich nicht damit begnügen, *Richtigkeiten sicherzustellen*, er wird, in geeigneten Themenkreisen, das *produktive Finden auszulösen* als seine Aufgabe sehen. Daß die genetische Umwandlung für den Lehrer heute erst nachträglich erfolgen muß, ist verzögernd und unwirtschaftlich. Das darf uns aber nicht hindern, das Notwendige selber zu versuchen. Wir sollten, und das möchte ich vorschlagen, das, was ein jeder bei seinen privaten Regenerationsversuchen, seinem Vordringen zur „zweiten Naivität“, gelernt zu haben glaubt, einander mitteilen und austauschen, mag es auch – was jedenfalls für meinen Beitrag gilt – unvollständig und unvollkommen sein, mehr ein Auszubauendes als ein Abgeschlossenes. Die folgende Darstellung kann als Grundlage für einen Lehrgang benutzt werden, ist aber von mir mehr gemeint als ein Auflockerungsprozeß, den jeder in seiner Weise für den Unterricht ausbeuten kann. Sie ist also für keine Schulart oder Altersstufe schon verfestigt. Ich denke an die ganze Reihe, von der Volksschule über das Gymnasium bis in die Universitäten und Pädagogischen Hochschulen hinein. Erst eine zweite, hier nicht darstellbare Umwandlung kann daraus den Unterricht werden lassen, wie er sich unter bestimmten institutionellen, lokalen und persönlichen Umständen verwirklichen wird. Die Sprechweise des Textes ergibt sich aus seiner Absicht. Er wendet sich an Fachgenossen, zugleich aber und streckenweise richtet er sich, während diese gleichsam mithören, an nur vorgestellte, noch nicht persongewordene Lernende.

2 Einleitung

1. Es genügt nicht, Sätze zu lehren („Die Erde läuft um die Sonne.“); es genügt auch nicht, sie zu veranschaulichen („So wie dieser Apfel um die Lampe“). – Und doch kommen wir meistens nicht weiter.

Wir müssen *verstehen* lehren. Das heißt nicht: es den Kindern nachweisen, so daß sie es zugeben müssen, ob sie es nun glauben oder nicht. Es heißt: sie einsehen lassen, wie die

³Näheres in meinen Aufsatz „Zum Problem des Genetischen Lehrens“, Zeitschrift für Pädagogik. 4/1966, S. 305-330. Julius Beltz, Weinheim.

Menschheit auf den Gedanken kommen konnte (und *kann*), so etwas nachzuweisen, weil die Natur es ihr *anbot* (und weiter anbietet). Und wie es dann gelang und je neu gelingt.

Das ist viel leichter möglich, als wir Lehrer nach dem Unterricht, den wir selber als Kinder und Studenten erfahren haben, glauben können. Die Wege der Beobachtung und des Denkens lassen sich schlichten, ohne an Exaktheit zu verlieren.

Wir erkennen das weniger aus Lehrbüchern als aus der Geschichte. Hier wieder nur selten aus einem Abriß der Geschichte der Astronomie oder der Physik. Mit Sicherheit aber aus den Aufzeichnungen der „alten“ Forscher selber (Kopernikus, Kepler, Galilei, Guericke, Descartes, Pascal, Newton) aus der Zeit, da die Naturwissenschaft in einem dramatischen Geschehen entstand: Die „alten“ Forscher sind in Wahrheit die jungen, die frühen. Dort wird der Lehrer auf den Ton des ursprünglichen Entdeckens gestimmt, der ihm dann aus den Fragen der Kinder wieder entgegenkommt.

Er darf niemals überreden wollen. Er sollte, im Gegenteil, zum Widerspruch ermutigen. Sonst erfährt er diese Fragen der Kinder nicht und nie ihre so scheuen wie klugen Gedanken.

Er sollte viel Zeit geben. Und der an der Tür Vorübergehende sollte die Stimme des Lehrers am wenigsten hören. Nachdenklich redende Kinderstimmen, das wäre das Richtige.

Wenn die Belehrung aber zu früh, zu aufdringlich, zu schnell, zu mathematisch und nur intellektuell geschieht, so kommt es – trotz rationalen „Verstehens“ – zu Heimat-Verlusten und Entfremdungen, und der Schaden kann die Bereicherung überwiegen.

Jeder neue Einblick muß angeeignet, assimiliert, jede Stufe der Entfremdung langsam zurückgewonnen werden, nicht anders, wie das kleine Kind das Treppengehen und Vertrauen lernt.

Ein neues Erd- und Weltgefühl kann sich dann in sorgfältig fortschreitender (und auch immer wieder rückschreitender) Besinnung herausbilden. Es geht nicht darum, das ursprüngliche Verhältnis zu Erde und Himmel als „falsch“ auszumerzen, sondern ihm ein neues anzugliedern und überzuordnen, es „verwandelt zu bewahren“ (Spranger).

Es wäre zu wünschen, daß wir sogar so weit kämen, die Kinder spüren zu lassen: Der astronomische Zuschauer-Blick auf den Planeten Erde, so Bedeutsames und Faszinierendes er eröffnet, ist zugleich ein einengender Blick aus der „Einstellung“ des nur messenden Verstandes. Er ist also mit einem Verlust an Wirklichkeits-Erfahrung erkaufte. „Objektivität“ bedeutet nicht Voraussetzungslosigkeit. Das astronomische „Weltbild“ braucht das ursprüngliche, nicht distanzierende, sondern identifizierende Wahrnehmen des Erd-Reiches als unserer Wohnung unter dem Himmels-Zelt nicht anzutasten, ihm an der Wirklichkeit seines Zu-uns-Redens nichts zu rauben.

2. (Eine zweite Einleitung findet der Leser als selbständigen Aufsatz in Bd. I auf den Seiten 521 bis 525 vorausgenommen. Ihr Ende führt in das Folgende über:) Die fachliche Ausbildung der Lehrer, wie sie heute verläuft, der Stufe c des Wissens entsprechend, macht für das Genetische oft genug geradezu blind. Solange hier kein Wandel eintritt, und er wird nicht schnell kommen können, ist der Einzelne auf seine privaten Studien angewiesen.

Ein mühsames Verfahren, das auch entschuldigen möge, daß das folgende ein unzureichender, wenn auch hoffentlich etwas hilfreicher, Versuch ist. Ich weiß so vieles nicht, was hier noch hineingehörte, und was aufzusuchen mir Zeit und Jugend fehlt. So ist schwer zu erfahren, wie ein Passat sich in der Wirklichkeit anfühlt, wann diese Winde entdeckt wurden und wann man auf den Gedanken kam, sie mit der Erdrotation in Zusammenhang

zu bringen. Ich weiß auch nicht genau genug, wie die Griechen auf die unglaubliche Idee kamen, eine bewegte Erde für möglich zu halten. Mögen Jüngere die Materialien für eine genetische Didaktik der Physik bald zugänglicher machen, als sie heute sind.

3 Die Erdgestalt

1. Daß die wegfahrenden Schiffe von dem Berg des „abwärts“ gekrümmten Meeresspiegels unter den Horizont hinunterswinden, das haben immer einige schon erfahren; auch das jenseits großer See- und Fjordflächen der Uferstreifen verdeckt ist von dem Wasserberg, der sich dazwischen erhebt. Aber das macht noch lange keine Kugel. Nur Wölbung ist gewiß da.

2. Von hohen Raketen aus fotografierte Erdbilder imponieren uns manchmal sehr, besonders, wenn sie schief in den Rahmen gesetzt sind. Aber es könnte auch eine kreisrunde Scheibe sein, was man da sieht, vielleicht eine gewölbte. Hat man eine Herde von Schäfchenwölkchen oder auch großer Cumuli unter sich, dann meint man zu erkennen, daß die Abstände ihrer Reihen in einem Verhältnis schwinden, das eine Krümmung des Cumulus-Pelzes bedeutet, der die Erdoberfläche schwebend umhüllt. Aus ähnlichen Anzeichen wird bei den neueren Erdbildern, die die Mondfahrer mitbringen oder senden, die Kugelgestalt erkennbar.

3. Aber wir brauchen die Rakete nicht⁴. Auch von unten, vom Boden aus, glaubt man dieser Cumulushülle manchmal Anschmiegung an eine gekrümmte Erde anzusehen. Ein tief und flach über uns hingewölbter Wolkenhimmel zeigt sich dann; ein ganz anderer als die steil vom Horizont aufsteigende Kuppel der wolkenlosen blauen Sonnentage oder Sternennächte. Dieser Wolkenhimmel folgt dem Erdboden, hängt ringsum hinter den Horizont hernieder und läßt die unsichtbaren Wälder und Städte ahnen, die ihn über sich sehen, „oben“, wie sie meinen.

4. Kein Zweifel an der Krümmung. Wieso aber „Kugel“? Ihr Leichtgläubigen! – „Man kann doch herumfahren!“ – Heißt das aber, strenggenommen, nicht *nur*, daß man einen Kreis gefahren ist? Ist je einer mit festgehaltenem Steuer geflogen? Auch wird man dies Argument gar nicht nötig haben müssen, denn die Griechen, Gefangene des Mittelmeerraumes, wußten sehr wohl, daß die Erde eine Kugel ist. Woher hatten es die Griechen?

5. Sie wußte es, weil sie reisten und dabei auf die Sterne achteten: Aristoteles, in Keplers Übersetzung:

„Dan wir mögen leicht ein wenige gegen Süden oder gegen Nord fortziehen, so würt uns schon der Horizont mercklich anderst, also das die Sterne, so vns ob den Köpffen stehen cine große Verenderung leiden . . . In Ägypten vnd vmb Cypren werden etliche Sterne gesehen, die man in den Mitnächtischen landen nit sihet: vnd hingegen sihet man in den Mitnächtischen landen etliche sterne durch die gantce nacht, wölche doch aldorten Auff und Nider gehen“⁵.

Das heißt, etwas vereinfacht und zugleich quantitativ präzisiert: wenn man den Polartern anschaut, der ja als einziger die ganze Nacht unverrückbar an derselben Stelle bleibt,

⁴Siehe „Nachwort 1970“, S. 31.

⁵Nikolaus Kopernikus, „Erster Entwurf seines Weltsystems sowie eine Auseinandersetzung Johannes Keplers mit Aristoteles über die Bewegung der Erde.“ Hrsg. v. Fritz Rossmann, München, 1948, S. 76. – Neudruck bei der Wiss. Buchges. Darmstadt, 1966. (Im Folgenden zitiert als „Rossmann“)

sagen wir: von Alexandria aus, und fährt nun immer auf ihn zu, über Zypern, und wandert dann in unseren „mitternächtlichen“ Gegenden weiter, dann steigt er merklich und langsam höher. Und wenn man über Skandinavien auf das arktische Packeis vordränge, was die Griechen noch nicht konnten, dann würde man eines Tages ihn „ob den Köpfen“ sehen, im Zenit. Beweist das, daß wir auf einer Kugelfläche gelaufen sind? Noch nicht. Denn: gehen wir auf einer *ebenen* Erdplatte auf den Turmhahn einer Kirche von ferne zu (der in der Sonne wie ein Stern funkeln mag), so würde auch der immer steiler vor uns leuchten, und schließlich, wenn wir am Kirchturm selber stehen, über uns. – Entscheidend ist nicht das Aufsteigen überhaupt, sondern das *gleichmäßige* Steigen im Maße unseres Schreitens. Der Turmhahn erhebt sich bei jedem Schritt um ein immer größeres Stückchen, anfangs wenig, später mehr. (Man kann sich's aufzeichnen.) Der Polarstern aber steigt bei jeder Tagesreise um *dasselbe* Stück!

(Denn um welchen Winkel sich der Erd-Radius verdreht, der auf uns Wandernde weist, um denselben Winkel kippt auch unser Horizont, und wieder um denselben steigt der Nordstern. Vorausgesetzt, daß er sehr weit entfernt ist, unsere Sehstrahlen zu ihm hin sich also während der Reise nahezu parallel bleiben. Erathostenes' Erdmessung benutzt dasselbe (an der Sonne statt dem Stern), und die von so vielen Primanern auswendig gelernte Gleichung: „Polhöhe = geographische Breite“ sagt wieder dasselbe.)

6. Da das so ist, muß der bereiste Weg ein Kreisbogen sein. Daß die ganze Erde eine Kugel ist, beweist diese Erfahrung noch immer nicht. (Auch Aristoteles führt sie nicht zu diesem Zwecke an; er hat einen besseren Beweis, wie wir gleich sehen werden.) Es könnte noch immer so sein, wie Xenophanes es sich dachte, daß die Erde – ich zitiere wieder Aristoteles durch Keplers Mund –

„das die Erde vnder sich khain end habe, vnd auff einer vnentlichen vnaufthörlichen Wurzel stehe“⁶.

Das eigentlich Schreckliche ist ja, daß diese „Wurzel“ fehlt, daß es rundum geht, auch *unten* herum.

7. Und dafür gibt es nun ein überwältigendes Indiz, das nicht einmal eine Reise verlangt und das kein Lehrer versäumen sollte, seinen Kindern zu zeigen. Es wird uns allen nicht allzu selten als ein riesiges Schattentheater vorgeführt: die „Mondfinsternis“.

Hier feiert die Korruption unseres Schulwissens Triumphe. Fast alle lernen nach Büchern, was da angeblich vor sich geht, aber von 100 Abiturienten haben vielleicht zehn jemals eine Mondfinsternis gesehen (obwohl sie in der Zeitung angezeigt wird), und einer vielleicht hat sie genau gesehen. Die meisten sehen sie nicht, ohne daß sich die zuvor gelernte Scheingelehrsamkeit vor den Mond schiebt und ihn zum zweiten Mal verdunkelt. (Zugegeben: Sichtbare Mondfinsternisse sind selten. Filme – ohne Erläuterung! – könnten sie ersetzen.)

Scheuen wir nicht, dies Ereignis von den Kindern unbefangen sehen zu lassen, ohne gleich erklärend dazwischenzufahren. Schämen wir uns nicht, es uns einzugestehen, daß wir selber noch so empfinden können wie die Germanen: daß ein wölfisches Wesen die lichte Mondgestalt verschlingt. Ich erinnere mich, noch vor nicht allzu langer Zeit einmal bei einer Mondfinsternis instinktiv Furcht empfunden zu haben. Der Mond überraschte mich, gerade halb verdeckt, bei sehr klarer Luft. Der Schatten, ungewöhnlich dunkelrötlich mit pelzigem Rand, hatte in der Tat das Aussehen eines einfressenden, fremden,

⁶Rossmann, a.a.O., S. 61

fast räumlichen Wesens, das den Mond bedroht. Es kam hinzu, daß ich eine halbe Stunde vorher den noch unversehrten silberhellen Schild gesehen hatte. In der Erinnerung erschien er in diesem seinem eben noch unbehelligten Zustand wie ahnungslos, während doch die Schattenkeule schon im Niedersausen gewesen war.

Zunächst, für den Unwissenden, ist da nichts, was mit „Schatten“ zu tun hätte. Etwas Dunkles, schmutzig Rötliches nimmt von dem Gestirn Besitz, ohne es ganz zu löschen. Dieses Etwas ist rund begrenzt, und wenn man es wieder hat abziehen sehen, das Ende ebenso gerundet, wie der Anfang war, und wenn man ein paar Mondfinsternisse gesehen hat, so ergänzt man ein unsichtbares kreisförmiges Gebilde über den Mond hinaus, wesentlich größer als er und nur so weit zu sehen, wie es ihn trifft. Oft, zwei- bis dreimal, sollte man das die Kinder (im Film) sehen lassen, ein lohnendes Fernsehen, und sie sollten beschreiben und aufschreiben, was sie sehen. Einstweilen noch nichts von Erklärung.

Erst wenn man es ein paarmal erlebt hat, merkt man, daß es immer nur bei Vollmond geschieht, und nicht bei jedem. Immer nur, wenn der Mond ganz besonders auf der Höhe und gesund erscheint, wenn es ihm glänzend geht, kann ihn die Krankheit befallen.

Und nun muß man freilich, um weiterzukommen, wissen, wie es mit den sogenannten Mondphasen steht, daß heißt, warum der Mond nicht immer „rund und schön“ ist. Ist es bekannt, daß etwa ein Viertel unserer Abiturienten dem Glauben anhängt, das komme daher, daß der Erdschatten auf dem Mond liege? Dabei genügt – wenn schon von Schatten die Rede ist – ein Blick auf die Stellung der Sonne, um ein solch unsinniges Gerücht zu vertreiben. Ein groteskes Beispiel für ein sich geradezu überschlagendes Wort- und Scheinwissen.

Wenn man nun aber darüber Bescheid weiß, daß die Mondgestalten begriffen werden können, sobald man dabei auch auf die Sonne achtet und dann sieht, daß hier der Mond sich selbst im Lichte steht; wenn dies für die Kinder vorausgegangen ist – und es ist keine Kleinigkeit –, wenn man also weiß und sieht, daß bei jedem Vollmond und bei allen Mondfinsternissen die Sonne immer dem Nachtgestirn genau gegenübersteht, so ahnt man auf einmal, wer das ist, der da dem Mond übers helle Gesicht kriecht: Wir und unser Erdreich stehen ja mitteninne zwischen Sonne und Mond: Wir sind es selber, unser Erdreich, und also ist es rund und schwebt.

Aber noch immer nicht beweist das, daß wir auf einer Kugel wohnen; es könnte auch eine Kreisscheibe sein. Auch sie macht einen runden Schatten. Aber man braucht sich nur genau das Spiel vorzustellen und muß *mehrere* Mondfinsternisse gesehen haben. Ganz deutlich wird es dann, wenn der verfinsterte Mond gerade im Osten aufgeht, während drüben, gegenüber, die Sonne versinkt. Wäre die Erde ein Diskus, so dürfte in dieser schrägen Bestrahlung ihr Schatten nicht rund, er müßte ein längliches, lattenförmiges Gebilde sein. Aber er ist *immer* kreisrund.

„In den Finsternissen . . . „,

so übersetzte Kepler den Aristoteles,

„. . . ist der schnitt, der das helle von den finsternen thailt, allezeit rund gebogen. Derowegen so der Mond sein liecht verleürt von wegen dessen, daß jme die Erde im liecht stehet, so muß die eüssere Bildung des Erdbodens, wellicher Kugelrund, ein Vrsach sein an sollicher gestalt des Monds“⁷.

⁷Rossmann, a.a.O., S. 76

Versetzt man sich selber in dies Schattentheater mit hinein, so meint man sich bei einer solchen Aufgangs-Mondfinsternis als eine aufrechte, winzige Figur auf dem fernen Schatten zu erkennen.

8. Nun erst wird es ja ernst: Die unendliche Wurzel *fehlt*. Wir treffen sie nicht, wenn wir nach Süden fahren, der Boden wie das Meer krümmen sich unaufhörlich unter uns weg. Die Kugel schwebt. Erhart Kästner gibt davon eine eindrucksvolle Beschreibung:

„Dafür blickt man, je weiter nach Süden man kommt, immer weiter ins südliche Himmelsgewölbe hinein; am Äquator überschaut man ja beide Himmelshälften zugleich von Pol bis zum Pol. Dieses Immerweiter-Hineinschauen in die Fremde des südlichen Funkelgewölbes war mir abenteuerlich und trug dazu bei, daß die Verzauerung dieses Sternenblicks mich vollkommen besaß“⁸.

Eine ganz beiläufige Bemerkung, ich glaube: von Josef Conrad, läßt sich hier anschließen: daß man, auf der südlichen Halbkugel angekommen, das vertraute Sternbild des Orion – das ja, nahe dem Himmelsäquator stehend, aus beiden Himmelsphären sichtbar ist –, daß man dieses Sternbild *kopf*stehen sieht. Als ich das las, war ich betroffen darüber, daß ich mir nie klargemacht hatte, daß das ja so sein müsse; zweitens, daß ich es noch in keinem anderen Reisebericht gelesen oder erzählt bekommen hatte. Und schließlich, daß uns das eigene Kopfstehen dort „unten“ wohl auf keine Weise deutlicher zum Bewußtsein gebracht werden kann.

Die Kugel ist also vollständig; sie schwebt frei, und wenn wir auf die andere Seite gehen, stehen wir kopf. Logisch und geometrisch ist alles in Ordnung.

9. Aber nun erst, nun erst, beginnen die Schwierigkeiten, das Unbezweifelbare dieser nirgendwo gehaltenen Kugel mit dem Herzen zu begreifen. Logisch ist alles schlüssig, die Mondfinsternis hat es besiegelt, und das Vordringen auf die südliche Seite der Erdkugel hat jeden Zweifel zerstört.

Aber das Antipodenproblem erhebt sich erst jetzt mit ganzem Ernst. Warum fallen die Antipoden nicht ab, warum stürzen wir selber nicht ab, wenn wir sie besuchen? Warum – Frage eines Neunjährigen – fließen die Meere nicht aus?

„... glaubst du vielleicht, die unteren Lasten der Erde strebten empor und lehnten gestützt zurück sich zur Erde?“ T. Lucretius Carus, gestorben um 60 v. Chr.⁹

Eine überholte Frage für uns moderne Menschen, die die Erde umfliegen und umschließen? Kein Problem mehr für Erwachsene wie Kinder?

Aber lesen wir es bei Lindbergh in seinem bedeutsamen Buch „Mein Flug über den Ozean“, der Beschreibung des ersten Flugs über den Atlantik, von New York nach Paris ohne Zwischenlandung, am 21. Mai 1927. Lindbergh war damals fünfundzwanzig Jahre alt:

„Rechts von mir dehnt sich der endlose Ozean, buckelt sich über die Erde, über Hunderte von Horizonten und schüttet sich nur durch ein Wunder, dessen Erklärung die Wissenschaft, scheint es, sich beinahe zu leicht macht, nicht an den Enden des Globus ins Weltall aus.“¹⁰

⁸Erhart Kästner, „Das Zeltbuch von Tumilad“, Fischer-Bücherei Nr. 139, S. 67.

⁹„Von der Natur der Dinge“, Fischer-Bücherei, Exempla Classica, Bd. 4, S. 39.

¹⁰Lindbergh, a.a.O., S. 194 u. 306.

Nun, man weiß, er ging nicht gern zur Schule; elf hat er besucht, und – schreibt er –

„keine einzige hat mir Spaß gemacht. Die Erinnerung an sie scheuert mir meine ganze Kindheit wund.“

So hat er vielleicht nicht zugehört, als es erklärt wurde, oder die Erklärung hat ihm mit Recht nicht gefallen, die fast alle Schulkinder auf der Zunge haben, wenn man sie fragt:

„Das macht die Anziehungskraft der Erde“, die im Mittelpunkt „ihren Sitz hat“. Nein, so leicht hat es sich die Wissenschaft nicht gemacht, und so leicht wollen es Kinder nicht gemacht haben. Denn, was ist damit eigentlich Erklärendes gesagt? Kaum mehr, als man schon wußte, ein wenig anders formuliert und, soweit es ein Mehr ist, ohne Andeutung einer Begründung: Woher weiß man das? Könnte es nicht auch eine Abstoßungskraft des Himmels sein? Und was nur ist im Mittelpunkt der Erde los? Viele glauben, daß dort, in diesem magischen Punkt, etwas sitzt und wirkt, eine Art Erdgeist. Das Magische ist mit dem Geometrischen hier eine nicht legale, von der Schule oft fahrlässig begünstigte Verbindung eingegangen. (So können ja auch, zum Beispiel, Kraft-Vektoren zu magischen Wesenheiten werden.)

10. Wir pflegen auf die Zeiten, in denen man sich um die Antipoden Sorgen machte, mitleidig lächelnd zurückzublicken. Aber unsere Aufgeklärtheit ist nicht so hell, wie wir glauben.

Deshalb ist, was der große Mathematiker Leonhard Euler in seinen Unterrichtsbriefen der kleinen Prinzessin (Friederike von Brandenburg-Schwedt) darüber schreibt, noch heute dem Lehrer eine gute Hilfe. Ich füge das Schönste hier an, da sein Buch¹¹ so gut wie unerreichbar ist:

Aus dem Brief vom 28. August 1768:

„Nachdem man . . . anfieng, einzusehen, daß die Figur der Erde ungefähr kugelförmig und allenthalben bewohnbar sey, so, das es Oerter gebe, die uns gerade entgegen gesetzt sind, wo die Einwohner uns die Füße zuehrten, die man auch deswegen Antipoden nennt: so fand diese Meynung so viel Widersprüche, daß einige Kirchenväter sie als eine große Ketzerey ansahen . . . Heut zu Tage würde man für einen Thoren gehalten werden, wenn man an ihrer Wirklichkeit zweifeln wollte . . . Dem unerachtet findet man noch in dieser Sache viele Schwierigkeiten, die es der Mühe werth ist zu heben . . .

In der Verlegenheit . . . haben einige sie durch die Vergleichung mit einer Kugel zu heben geglaubt, auf deren Oberfläche man oft Fliegen . . . eben so wohl oben als unten herumlaufen sieht. Aber sie denken nicht daran, daß die Insekten . . . sich durch ihre Klauen anhaken . . . Also müßte der Antipode wohl vielleicht Haken an seinen Schuhen haben . . .; aber er hat keine . . . Ja, so wie wir uns einbilden oben auf der Erde zu seyn, so bildet es sich der Antipode auch ein und glaubt, daß wir unten sind. Vielleicht ist ihm eben so bange um uns als uns für ihn ist . . . In der That, wenn sich jemand an der Decke eines Zimmers mit den Füßen halten wollte, so müßten die Haken an seinen Schuhen sehr stark seyn, und bey alle dem würde er doch eine sehr traurige Figur vorstellen . . .

¹¹Leonhard Euler, „Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie“, 2. Auflage, Leipzig 1773, I. Teil S. 165-168.

Aber wohin sollte denn nun wohl der arme Antipode, für den man so besorgt ist, fallen, wenn das sich ereignete? . . . niemals hat man noch gehört, daß ein Antipode einen so schrecklichen Fall von der Erde hinweg gethan hätte. Vielmehr, wenn sie fallen, so fallen sie wie wir gegen die Erde zu; und doch bilden sie sich ein, nach unten zu fallen. – Allenthalben wo wir uns auf der Erde befinden, ist unten da, wohin die Körper fallen.“

Und darauf kommt nun wirklich alles an: dies ganz und gar einzusehen, daß „oben – unten“ zu ersetzen ist durch „außen – innen“, und dies rundum.

Ich erinnere mich an Kinder, die dem fröhlich zustimmten, aber bald nachdenklich zurückfragten: daß die Neuseeländer nicht abfielen – klar! Aber: ob ihnen nicht doch das Blut in den Kopf stiege? – Ein Globus nützt da wenig. Er bleibt, wo er auch steht, über dem Boden, über der Erde, unter der Zimmerdecke, unter dem Himmel. Das gewohnte Oben-Unten umschließt ihn und hängt an ihm fest. – Besser zeichnet man den Erdkreis in den Sand oder auf eine waagrecht liegende Tafel.

11. Vor die eigentliche Probe stellt uns die folgende Frage: Man kann beruhigt sein über die Antipoden, aber nun für uns *alle* fürchten: Muß nicht die Erdkugel als *Ganzes*, und mit uns allen, ins Leere stürzen?

Wer so denkt, glaubt außer an das irdische „Unten“ (Innen) noch an ein zweites, absolutes „Unten“ des Weltraumes. (Ein zentralsymmetrisches Gravitationsfeld ist von einem homogenen überlagert. Derartiges wäre nicht unmöglich, ja es *ist* so ähnlich, wenn wir an die Schwere der Erde zur Sonne hin denken – Euler nennt sie die „Sonnenschwere“.)

Zur Vermeidung dieses bodenlosen Sturzes wird von Kindern wie Erwachsenen bisweilen auch ein Gedanke angeboten, der sehr demjenigen ähnelt, den wir bei Empedokles finden und den Aristoteles uns so übermittelt hat (wieder in Keplers Übersetzung):

„Andere als Empedokles, sprechen der Vmblauff des Himmels rings vmb die Erd herumb der so schnell seye, der verhindere die Erd, das sie nit wider von jrem jetzigen ort hinweg fallen möge: Wie zum exempel das wasser in einem Kessel, wan man den kessel mit seiner handheb schnell herumschwinget also das der boden yber sich kommet, das wasser vnder sich.“¹²

Vermutlich wird hier gemeint, daß im Inneren eines solchen Wirbels alles „steht“ und gehalten ist.

Warum glauben wir eigentlich nicht an das zweite, das absolute Unten, neben dem irdischen? Weil dieses irdische ausreicht, alles zu verstehen; wir ziehen die einfachste Lösung vor: Wohin sollte die Erde fallen, wenn nicht *auch* nach innen? Und das hat sie eben schon getan, und vielleicht ist sie deshalb so schön rund. Hätte sie Türmchen und Erker, so wären die längst abgebrochen und zusammengestürzt. Und gar wenn die Erde früher, wie man sagt, einmal flüssiger soll gewesen sein, so wäre sie eben in sich zusammengesunken, so weit sie konnte. Als Kugel hat sie darin das Äußerste erreicht.

„Das die Erd rund sey, beweiset Aristoteles dahero, dieweil sie mitten in der Welt stehe, dahin alle schwäre jrdische sachen seyen zusammen gefallen. Aber Jch khan diß sein argumentum wol besser brauchen, wan sie schon nit mitten in der Welt stehet vnd wan schon die schwäre Materien nit dahin zusammen gefallen sind. Nämlich also. Die schwäre ist nichts anderes dan der Magnetische Zug der Erden. Setze nu

¹²Rossmann, a.a.O., S. 65

die Erde sey ein waicher flüssiger klump, der würde zusammen sinckhen in eine kugel, gleich wie die Wassertröpflin vnd quecksilberkügelin rund werden. Dan je die mehrere menige zeücht zu sich das wenigere, so weitter entan stehet, biß es vmb vnd vmb gleich weit vom mitteln würt.

Wan dan die Erd so waich vnd flüssig gewest wie ein tail da sie jung worden, so hatt sie für sich selber ein runde gestalt gewinnen. Wäre sie aber hart erschaffen worden, so hette doch jr Werckmaister jr die eckhe rings herumb abstutzen müessen, hette Er anders wöllen das sie vmb vnd vmb jre Wasser habe, vnd nit solliche ekhe gantz trucken vnd wasserloß stehn pleiben. Hatt sie derowegen lieber gleich anfangs rund formirt.“ Kepler¹³

12. Es wäre aber ein Irrtum zu meinen, nun sei alles klar. Die Sorge um die Antipoden und die Furcht vor dem Absturz des Erdballs sind zwar aufgelöst, aber nur geometrisch.

Nur der *Tatbestand* ist anerkannt. Aber er ist im Sinne der Physik noch gar nicht verstanden: Denn *warum* fällt denn alles gegen den Mittelpunkt? – (Eulers Satz „Allenthalben, wo wir uns auf der Erde befinden, ist unten da, wohin die Körper fallen“ ist nur eine globale Sprachregelung und will mehr auch nicht sein. Er gibt keine Antwort auf die Frage, warum die Körper diesem Unten zustreben. Physikalisch angesehen, ist er eine Tautologie: Die Dinge fallen nach unten, weil „unten“ das genannt wird, wohin die Dinge fallen.)

Dort, wohin alles strebt, muß dort nicht etwas Besonderes los sein? Wohin man strebt, dort ist doch etwas Lockendes. Warum ist der Mittelpunkt der Erde so lockend?

Hier erst erreichen wir das Gebiet, in dem sich für die sogenannten Gebildeten wie für die sogenannten Ungebildeten die nebelhaften Mißverständnisse häufen.

Halten wir uns an die Abiturienten (die ja zugleich die Lehrer der übrigen neun Zehntel des Volkes stellen), so kann man nach meinen Erfahrungen mit Studenten, die Lehrer werden wollen (Erfahrungen, die von Dozenten anderer pädagogischer Hochschulen bestätigt werden), zwei Gruppen unterscheiden:

Die weitaus größere bewegt sich in eigenen Vermutungen. Sie wissen zwar nichts Genaues, aber sie denken nach, wobei sie einerseits ursprünglich vorgehen (nicht viel anders als Kinder, als die Vorsokratiker, als Aristoteles), aber gleichzeitig das einbauen, was Ernst Heimeran einmal „Bildungsschotter“ nannte, also unverstandene Schulrelikte¹⁴. Sie sprechen vom Luftdruck, vom Magnetismus, von der Rotation als möglicher Ursache sowohl der Kugelgestalt wie der Erdanziehung¹⁵. *Wie* verlassen sie dastehen, wenn sie später Volksschullehrer werden, kann man sich ausmalen.

Neben ihnen gibt es eine kleine Minderheit, die sachlich über die Schwerkraft Bescheid weiß. Sie gehören zu den wenigen, die im Gymnasium etwa die Note 1 oder 2 hatten. Sie sind, falls sie Volksschullehrer werden, dort in einer anderen, in der entgegengesetzten Weise verlassen. In unserem Falle so: Sie wissen: es handelt sich hier um einen Sonderfall der „allgemeinen Gravitation“. Sie ist, auch quantitativ, gesichert durch die Versuche mit der Drehwaage. Da man sich in der Volksschule keine leisten kann, muß man, meinen sie, das Ergebnis hier – leider – erzählen. Daraus ergibt sich dann alles Übrige von selbst. – Sie sind also verlassen, weil das logisch Richtige das pädagogisch Unbrauchbare sein kann.

¹³Rossmann, a.a.O., S. 89

¹⁴Beispiele im Kap. XI meines Buches „Die pädagogische Dimension der Physik“, Braunschweig, 3. Aufl., 1970.

¹⁵Vgl. hierzu den Bericht „Himmelskunde“ (Beitrag 48 in „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“, Band 1, Klett, Stuttgart 1965 (im folgenden zitiert als „U 1“), S. 280-281).

Schließlich bleibt ein kleiner Bruchteil, ich wage kaum, ihn abzuschätzen, aber ich habe in mehreren Jahren der Mitarbeit an Pädagogischen Hochschulen schon einige solche Abiturienten angetroffen: sie haben selbständig nachgedacht und sind Anregungen der Schule auch privat nachgegangen. Sie haben sich klargemacht, daß Newton, ja sogar Kepler schon, der Gravitation so gut wie sicher war, ohne experimentellen Nachweis auf der Erde. Sie kennen den Weg der Physik: An seinem Ende, nicht an seinem Anfang, steht das allgemeine Gravitationsgesetz. Um die Schwerkraft, die Mondbewegung, die Planetenbewegung zusammenzudenken, braucht man es noch gar nicht, weder in seiner Allgemeinheit noch in seiner quantitativen Fassung.

Man sieht, welche Kluft sich auftut zwischen dem Weg, auf welchem man Kinder und Anfänger auf bildende Weise in die Himmelskunde einführen muß, und dem Schnellverfahren, in dem man Fachleute ausbilden kann und auch ausbilden darf (im zweiten Gang, d. h. falls sie den ersten Gang richtig getan haben!), indem man sie nämlich unmittelbar an den schon herauspräparierten grundlegenden Tatbestand heranführt. Die Gravitationswaage als erstes ist für die Schule *kein* „Einstieg“. Denn als ein Fundament des Gebäudes liegt es unsichtbar und verborgen. Mit ihm beginnen ist ein künstliches Beginnen und deshalb ein nicht bildendes (wenn auch unter Umständen „schulendes“). Denn auf den Gedanken, eine Drehwaage zu bauen, kommt niemand, der nicht schon ziemlich gut Bescheid weiß. (Ein entsprechendes Beispiel aus der Optik: Der „Fresnelsche Spiegelversuch“ erschließt mit *einem* Schlag die Wellenlehre des Lichts. Aber niemand hätte ihn ersinnen können, der der Periodizität des Lichtes nicht schon *vorher* ziemlich sicher gewesen wäre¹⁶. Studenten darf man unter Umständen so unterrichten, Kinder betrügt man um gerade das, worauf sie Anspruch haben: zu lernen nämlich: nicht so sehr, daß es Gravitation gibt, sondern: wie der Mensch auf so etwas wie die Gravitation kommen kann und wie die Natur so etwas preiszugeben bereit war und ist).

Solche Erfahrungen führen zu der Sorge: Vergißt die Höhere Schule, außer und vor aller Information über moderne Forschungen ihre Grundaufgabe: elementare, verstandene und in bildender Weise erworbene Erkenntnisse zu übermitteln? Ein Versagen an dieser Stelle hat vielfach multiplizierte Folgen für die gesamte Volksbildung. Das gilt für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht überhaupt.

13. Wie soll man nun aber die Erdanziehung verstehen, ohne die allgemeine Gravitation zu brauchen? Wie kann man ohne sie abbringen von dem Gedanken, der Quell der Anziehung „sitze“ im Mittelpunkt?

Für Aristoteles strebte alles in den Mittelpunkt der *Weltkugel*, eben *weil* er der Mittelpunkt ist, und deshalb steht ja auch für ihn die Erde dort. Als Kopernikus einleuchtend machte, daß die Sonne diesen Platz einnehme, als im neu erfundenen Fernrohr sich die Mönchen um *ihren* Jupiter drehten, erkannte Kepler als Kraftquelle nicht mehr den geometrisch bestimmten *Ort*, sondern den materiell bestimmten „Körper“. Damit erst wurde die Betrachtung physikalisch.

Dieser Argumentation ist aber für Anfänger nicht glücklich, da das Kreisen der Erde um die Sonne eine schwerer zu nehmende Stufe des Verstehens ausmacht als die Rotation.

14. Gedanklich einfacher sind die, zeitlich späteren, Argumente Eulers. Auf sie drängen die Kinder hin, wenn sie etwa fragen, ob der Stein eigentlich zu fallen gezwungen wird oder ob er es freiwillig tut¹⁷. Wenn er gezwungen wird, so kann ihn entweder der Himmel

¹⁶s. hierzu „Die periodische Struktur des Lichts“, in: „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“, Band 2, Klett, Stuttgart 1970 (im folgenden zitiert als „U 2“), S. 110-119

¹⁷s. hierzu den Beitrag „Will’ der Stein oder ‚muß’ er fallen?“ in „U 1“, S. 282-284.

drücken oder die Erde ziehen¹⁸. Nun kann man berichten, daß ein Stein, auf die Höhe eines Gebirges gebracht, auf den Harz etwa, ein wenig an Gewicht verloren hat. Wenig, aber doch meßbar mit einer hochempfindlichen Federwaage. Umgerechnet auf eine große Menge ist diese Erleichterung aber gar nicht mehr so geringfügig. Ein Wasserwürfel von 1 Meter Kantenlänge wiegt oben auf dem Harz (auf dem „Torfhaus“) etwa 86 Gramm weniger als unten, 500 Meter tiefer, in Harzburg¹⁹.

Das spricht für eine sich in die Ferne allmählich verlierende Zugkraft der Erde. – Es paßt recht gut zu der Vorstellung, sie könnte im Erdmittelpunkt „hausen“, von ihm „ausgehen“. In einem Bergwerkschacht unten müßte dann aber zu erwarten sein, daß das Gewicht der Dinge, die da hinuntergebracht werden, zunähme, denn sie kommen ja dem Mittelpunkt näher. Merkwürdigerweise ist das nun nicht so, sondern umgekehrt, und das erstaunt die Kinder sehr.

Es ist mit Eulers Worten so:

„Wir sehen also nun ein, . . . daß diese Kraft auf der Oberfläche der Erde am stärksten wirkt; daß sie sich vermindert, wenn man sich von dieser Oberfläche entfernt, es mag dies nun geschehen, indem man in die Erde hinein gegen den Mittelpunkt zugeht, oder indem man von ihr weg in die Höhe steigt“²⁰.

Dazu kommt, was Euler so sagt:

„Ich habe schon Ew. Hoheit gezeigt, daß man in der That beobachtet haben will, daß ein großer Berg in Amerika eine kleine Attraktion hervorgebracht hätte“²¹.

Er meint die „Lotabweichung“ des Pendels in der Nähe eines Gebirges²². Es hängt dort wirklich ein wenig schief, indem es sich gegen das Gebirge hin etwas anhebt, zu ihm hinstrebt. Das erscheint ganz außerordentlich wenig, wenn man es im Winkelmaß angibt, nämlich in Harzburg nur etwa eine viertel Bogenminute (also $\frac{1}{240}$ Grad). Dieser winzige Betrag macht aber einen ganz anderen Eindruck, wenn man sich klarmacht, daß eine ruhige Wasserfläche sich immer senkrecht zur wirklichen Richtung der Schwerkraft einstellen muß; daß sie also in Harzburg (wo diese Richtung, wie wir sahen, nicht genau auf den Mittelpunkt der Erd- und der Himmelskugel deutet), in einer schrägen Lage verharren muß:

¹⁸Wie wenig es selbstverständlich ist, daß die Ursache der Schwere in der Erde zu suchen ist, zeigen die Gedanken von Descartes, der 1635 an Mersenne schrieb: „Ich glaube . . . nicht mehr, daß die schweren Körper . . . herankommen . . . durch irgendeine Anziehungskraft der Erde“; und 1639 an De Beane: „Bezüglich der Schwerkraft stelle ich mir nichts anderes vor, als daß die gesamte feine Materie, die sich von hier bis zum Mond erstreckt, durch sehr schnelle Drehung um die Erde alle Körper, die sich nicht so schnell bewegen können, gegen diese treibt.“ - (Nach: René Descartes, Briefe, hrsg. von Max Bense, Köln, 1949, S. 71 und 167.) – Wie Descartes zu seiner Theorie kam, braucht uns nicht zu beschäftigen. Wichtig ist nur, daß er die Ursache nicht in der Erde, sondern draußen suchte.

¹⁹K. Jung, „Schwerkraftverfahren in der angewandten Geophysik“ (Geophysikalische Monographien, Bd. 2), Leipzig 1961, Seite 52.

²⁰Euler, a.a.O., S. 175.

²¹Euler, a.a.O., S. 190.

²²Siehe Fischerlexikon Nr. 20 (Geophysik) S. 101 f., wo man sich über die Meßmethoden informieren kann und erfährt, warum ein so gewaltiges Gebirge wie der Himalaja eine enttäuschend geringe Lotabweichung bewirkt.

„Infolgedessen steigen die Oberflächen der beiden Teiche bei Harzburg nach Süden hin an um 1 cm auf 153 m Länge.“²³

So sehr also drängt das Wasser (wie *alles* Körperliche) zum Harzgebirge (das dank seiner Erzlager noch besonders dicht ist und damit mächtig zieht).

Daß die kümmerliche viertel Bogenminute infolge einer bloßen Umrechnung nun auf einmal so bedeutend erscheint, ist nicht einfach die Folge eines mathematisch-psychologischen Tricks, es entspricht dem physikalischen Tatbestand viel richtiger als die Vorstellung eines schräg hängenden Pendels. Seine Lotabweichung erscheint uns gering, wenn wir bedenken (was zutrifft), daß das ganze Harzgebirge an dieser Anhebung beteiligt ist; oder gar, wenn wir glauben (was nicht zutrifft), daß es seine ganze Kraft auf nur die kleine Pendelkugel verausgabe. Man muß nämlich noch dazu wissen, daß ein schweres Pendel (mit Felsblock) genauso schräg hängt wie ein leichtes (mit Steinchen); daß beliebig *vielen* Pendel, um den Harz herum aufgehängt, alle zugleich zu ihm hinstreben; ja daß alle Gegenstände, alle Bäume zum Beispiel, die im niederen Vorland des Gebirges stehen, seine Kraft spüren und ihr mit einer winzigen Verbeugung zu ihm hin nachgeben. Dieser Tatbestand wird durch die Betrachtung eines Wasserbeckens im Ganzen deutlicher. Jeder Wassertropfen des Sees spürt das Gebirge. Und da Wasser in sich beweglich ist, so zieht es sich an den Harz heran und staut sich auf ihn hin.

Damit wird nun auch klar, warum die Bergleute unter Tage eine Spur leichter sind, als sie es oben waren: weil all das Gestein, das über ihnen steht, sie ein wenig anhebt.

So nähern wir uns der Überzeugung, daß nicht der Mittelpunkt der Sitz der Kraft ist. Zeigen wir nun noch im Fernrohr Jupiter und seine Monde in mehreren Nächten hintereinander, so daß man sieht, wie sie ihn umlaufen. Für sie ist nicht der Mittelpunkt der *Welt*, wie ihn die Fixsternkuppel uns nahelegt, der Ort, um den sie kreisen. Es ist ihr Jupiter, der ja nicht in der Weltmitte sitzen kann, wenn wir es tun. Er kann ihr Regent also nur sein vermöge seiner Materialität (Körperhaftigkeit, Leibhaftigkeit). Und sie sitzt *überall* in ihm, nicht gerade im Mittelpunkt. So wird es wohl also auch bei uns sein (zumal – nach Kopernikus – gar nicht wir in der Weltmitte wohnen, sondern die Sonne). Keplers Worte, der es schon genau wußte:

„... ob der stain nach dem Mittelen der Welt zile oder nach dem Mittelen der Erdkugel. Ich sage, nit nach dem Mittelen der Welt, sondern nur nach dem Mittelen der Erdkugel: Dan da sihet man die Vrsache, die Erd zeücht solliche schwäre dinge an sich wie ein Magnet das Eisen.“

Und:

„das alle sachen nach dem saiger ... vnder sich fallen ... das macht die anziehende gewalt der Erden, die steckht nit im Centro sondern im gantzen leib, und ziehen diejenige stuckh am maisten, die dem auffgeworffenen stain am nechsten seind ...“²⁴.

²³Nach H. C. E. Martus, „Astronomische Erdkunde“, 3. Aufl., Dresden und Leipzig, 1904, S. 452. – Martus fügt eine Frage hinzu, die hier an den Leser weitergegeben sei: „Würde ein Schlitten diese spiegelglatt gefrorene schiefe Ebene von selber hinabgleiten?“ (Offenbar ist gemeint: bei völlig fehlender Reibung. Antwort: Er würde sich nicht rühren. Denn die Schwerkraft drückt ihn ja genau im rechten Winkel gegen die Eisbahn).

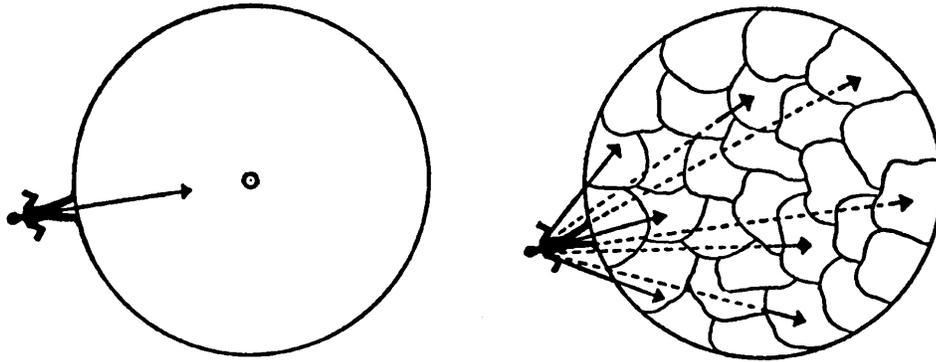
²⁴Rossmann, a.a.O., S. 88

Oder, ganz zusammengefaßt: die fallenden Steine

„begehren nit des orts, wie Aristoteles will, sondern nur des leibes“²⁵.

In dieser Sprache spüren wir, daß Kepler einer ist, der mit dem Herzen versteht. Und wenn wir es Kindern vorlesen, so verstehen auch sie es auf der Stelle. Das leere geometrische Schema hat sich ihnen jetzt völlig verwandelt:

Von jeder Scholle des riesigen mütterlichen Erdleibes fühlen sie sich nun gehalten. (Im zweiten Bild sind nur einige Repräsentanten der Zugkräfte angedeutet.)



15. Hier ist auf einmal ein Heimat-Gewinn, nachdem Heimat-Verluste und Schritte der Entfremdung vorausgegangen sind. Bleiben wir einen Augenblick stehen, blicken wir zurück, um uns ihrer bewußt zu werden:

Als Heimat im ursprünglichen Sinn sehen wir das Dorf an, inmitten der Wälder seines Horizontes gehalten, auf dem Erdreich ruhend, fest gegründet und von ihm getragen. Darüber ausgespannt das Himmelszelt mit seinen vertrauten Sternbildern. Diese Glocke reicht weit. Wer verreist und diese Landschaft verliert, behält den Himmel noch lange. So fühlt die Frau aus Memmingen²⁶, aus dem Frankfurter Hauptbahnhof tretend, sich trotz aller Fremdheit angeheimelt, wie sie den Mond erblickt. „Schau“, sagt sie, „des Memminger Möndle!“

Wer die Erdkugel als Heimat gewinnen will, lernt es am besten auf weiten Reisen. Der Horizont (d. h. die Himmelskuppel) gerät dann – es war schon davon die Rede – ins Neigen und Kippen, bis schließlich Orion kopfstecht, man ins südliche Gewölbe blickt und dort *keinen* tragenden Stamm findet.

Für den, der so weit nicht kommt, ist das Schwierige, daß die Erde so groß ist, daß wir das Kippen erst bei weiten Reisen merken. Wäre sie ein Planetoid, wie der, den Exupéry für seinen kleinen Prinzen malte, so sähen wir unseren Nächsten noch, wenn er schon merklich nicht mehr parallel zu uns steht und also die Schwere schräg zu unserer eigenen spürt. – Wir müssen lernen, uns gleichzeitig an allen Orten zu wähen und uns mit den Antipoden eins zu fühlen, bis wir das neue Unten (nämlich „Innen“) assimiliert haben. Es gibt uns Zentrierung und, nachdem wir den Schwindel überwunden haben, eine neue Gehaltenheit, eben die, welche Kepler so überzeugend aussprach, indem er sagte, daß jedes Stück, jede Scholle der ganzen Erde sich um uns bemüht und uns zu halten sich anstrengt.

²⁵Rossmann, a.a.O., S. 90

²⁶Ich verdanke die Geschichte Eduard Spranger.

Antoine de Saint-Exupéry ist die Einverleibung und Beherrschung dieses neuen Unten und damit die Verheimatlichung des ganzen Erdballs vollkommen darzustellen gelungen. Er beschreibt in seinem Buch „Wind, Sand und Sterne“²⁷ einen Traum:

„... sah ich nichts als das tiefe Becken des Nachthimmels, denn ich lag mit ausgebreiteten Armen rücklings auf einem Dünengrat und sah ins Sternengewimmel. Ich war mir damals noch nicht so recht klar, wie tief dieses Meer ist, und so faßte mich der Schwindel, als ich es plötzlich entdeckte. Ich fand keine Wurzel, an die ich mich klammern konnte, und kein Dach und kein Zweig waren zwischen diesem Abgrund und mir. Ich war schon losgelöst und begann hineinzufallen wie ein Taucher ins Meer. Aber ich fiel nicht. Ich fühlte mich von Kopf zu den Zehen mit unzählbaren Banden der Erde verknüpft. ... Ich fühlte mich der Erde verbunden mit einem Druck, der dem glich, der uns in Kurven auf den Führersitz preßt ...“²⁸.

Das Gefühl, gehoben zu werden war so deutlich, daß es mich nicht erstaunt haben würde, wenn in dem Schoß der Erde die Hebel und Streben gestöhnt hätten, so wie alte Segelschiffe knarren, wenn sie sich aufrichten oder neigen, oder wie verärgerte Flußkähne mürrisch ächzen. Aber in der Tiefe der Erde blieb es still. Nur der Druck an meinen Schultern blieb, ausgeglichen, ewig, stetig, ewig gleich. Schwebend hing ich an der Erde ...“

4 Die tägliche Umwälzung

16. Wenden wir uns nun zu dem zweiten Abenteuer, das dem bevorsteht, der über die Erde ernstlich Bescheid wissen will: dem Verstehen ihrer täglichen Rotation, des *Umbwaltzens*, wie Kepler sagte.

„Weil Ich ... deren Meinung nicht bin, daß die Erde still stehe, sondern ... sich selber umbwalte, deren Umbwaltungen jede einen Tag machet ...“

sondern:

„... das der hohe Himmel mit den fix- oder angehefften Sternen, zusamt der Sonnen unbeweglich stehe ...“

und:

„... wann ein Ort auff Erden der Sonnen aus dem Licht gedrückt würt so ist es an dem selben Ort Nacht“²⁹.

Kepler hatte es von Kopernikus. Kopernikus hatte, hundert Jahre vor ihm, geschrieben:

„... die tägliche Umwälzung. ... Durch sie scheint das Weltall in bodenlosem Absturz herumgetrieben zu werden“ („praecipiti voragine circumagi videtur“, also wörtlicher etwa: „kopfüber durch den Abgrund herumgestürzt“). „In Wahrheit wälzt sich so die Erde herum mitsamt dem Meer und der Lufthülle.“³⁰

²⁷ Vita Nuova Verlag, Tübingen 1947, S. 90/91.

²⁸ Eine physikalisch wie psychologisch interessante Bemerkung: Der Physiker erkennt die Äquivalenz von Trägheit und Gravitation. Der Psychologe bemerkt, wie hier die vertraute Schwerkraft durch das Gefühl, „unten“ zu hängen, rätselhaft wird und sich rettet in den Zusammenhang mit der noch vertrauenswürdigeren Trägheit.

²⁹ Rossmann, S. 86, 78, 79

³⁰ Rossmann, S. 13/14.

Diesen Gedanken hatte es zweitausend Jahre vorher schon einmal gegeben, aber er hatte sich nicht durchsetzen können, so unglaublich war er. Nur in Büchern blieb er erhalten, und Kopernikus las ihn bei Cicero (etwa 50 v. Chr.). Der wieder hatte ihn bei dem Aristoteles-Schüler Theophrast gelesen (327-287), und der hatte etwas gehört: Cicero schreibt:

„Wie Theophrast sagt, ist Hicetas aus Syrakus der Ansicht, daß der Himmel, die Sonne, der Mond und die Sterne, überhaupt alles über uns am Himmel feststeht und in der Welt sich nichts außer der Erde bewegt. Während diese sich mit sehr großer Geschwindigkeit um ihre Achse drehe, geschehe alles ebenso, als wenn die Erde stillstünde und der Himmel sich bewege.“³¹

Dieser Hicetas³², etwas jünger als Sokrates, ist Vorläufer des berühmten Aristarch von Samos gewesen (320-250 v. Chr.), der nun ein vollkommen „kopernikanisches“ System aufbaute, das später niemand mehr glauben konnte.

17. Daran zu glauben, ist nun wirklich für einen unbefangenen und selbständig denkenden Menschen eine noch viel größere Zumutung als die Anerkennung der Kugelgestalt. Hat er jene annähernd, in dem Maße wie Exupéry, sich angeeignet, so fühlt er sich doch am „Leib“ (in Keplers Sprache) der Erde *ruhen*. Nun soll er aber glauben, wenn er im Schweigen etwa des Gebirges steht, in dem nichts sich regt, er sei in rasender Fahrt; wir alle. Eine widersinnige Behauptung, weil sie aller ungekünstelten Erfahrung widerspricht.

Jeder wird sich zwar gern daran erinnern lassen, wie er, über das Brückengeländer gelehnt und auf den breiten vorwärts fließenden Strom schauend, sich selbst samt der Brücke rückwärts gezogen meinte; oder wie er, rücklings liegend und in den jagenden Wolkenhimmel starrend, das Gefühl bekam, mit dem Erdboden wie einem Riesenfloß dahinzutreiben. So ähnlich soll es also wirklich *sein*. Und freilich gibt es kein Ufer, an das der Blick sich halten könnte!

Aber das beweist ja nichts als die *Unentscheidbarkeit*; und *Einwände* erheben sich: Wo ist der ständige Ostwind? – Wer könnte hoffen, den Ball noch zu fangen, der in unseren Breiten – mit 300 Meter je Sekunde – längst in des übernächsten westlichen Nachbars Garten geschwirrt sein müßte, nicht anders wie die Äpfel, die vom Baume fallen?

Wer so denkt, findet sich in bester Gesellschaft: Der große dänische Astronom Tycho Brahe schreibt in einem Brief von 1589:

„... sage mir, wie kann denn eine Bleikugel, die man von einem recht hohen Turm in passender Weise fallen läßt, den genau lotrecht unter ihr liegenden Punkt der Erde treffen? Eine einfache mathematische Überlegung zeigt Dir, daß dies bei bewegter Erde vollkommen unmöglich ist. Selbst in unseren Breiten müßte sich ein Erdpunkt in einer Sekunde noch um 150 Doppelschritte nach Osten weiter drehen.“³³

Auch Kepler schlägt sich damit herum:

„... wird es geschehen, daß der Stein beim Herabfallen ein wenig von dem Lot abweicht, das man vom Mittelpunkt der Erde durch ihre Oberfläche nach dem Mittelpunkt des Steins zieht und daß das Lot des Steins allmählich auf weiter westlich

³¹Rossmann, S. 93.

³²„Die Anfänge der abendländischen Philosophie“, Artemis Verlag, Zürich 1949, S. 197.

³³Zitiert nach W. Brunner, „Dreht sich die Erde?“, Bd. 17 der „Mathematischen Bibliothek“, Teubner, Leipzig und Berlin 1915, S. 10.

liegende Teile der Erdoberfläche trifft, wenn sich die Erde vom Westen nach Osten bewegt; es wird der Erde nicht vollkommen folgen, sondern von ihr zurückgelassen werden.“
(Brief v. 11. Oktober 1605 an O. Fabricius.)³⁴

Und er, Kepler, der, anders als Tycho, an die Erdrotation *glaubt*, tat sich sehr schwer damit, den Widerspruch aufzulösen. (Da er vom Beharrungsgesetz noch nichts wußte, gelang es ihm nur auf eine sehr künstliche Weise.)

Selbst wenn aber dies alles sich beschwichtigen ließe: Noch längst nicht ist damit überzeugend gemacht, daß so sein *muß*, was so sein *könnte*. Wo, so fragt sich der unbeugsame Anfänger (und wenn er nicht unbeugsam ist, so haben wir Lehrer ihn dazu zu ermutigen, statt ihm das Unglaubliche einzureden), wo ist überhaupt das *Motiv* zu einer so perversen Behauptung? Foucault muß ja die Erdrotation schon vorher gewußt oder vermutet haben. Wie war er darauf gekommen? – Wenn wir dem so Fragenden nun die zweitausend Jahre lange Spur zeigen, die von Foucault über Kopernikus und Cicero auf Aristarch hinabführt, so interessiert ihn das als historische Kette wenig. Und, sagt er, wie kam Aristarch darauf? Er fragt nicht *historisch*, er fragt *genetisch*. Allenfalls bestärkt ihn das *Alter* dieses Gedankens in der Vermutung, eine Idee, die damals (ohne Instrumente, aber unter dem von menschlichen Geschicken unberührt immer gleichbleibenden Himmel) einem Genie einfallen konnte, müsse auch heute jedem (wenn er nur ein wenig geführt werde) sich nahelegen. Wie *kam* man, wie *kommt* man, darauf? Wie „kommt es?“ *Das* ist seine Frage.

18. Was wissen wir von Aristarch sonst? Er bestimmte die Sonnenentfernung als Vielfaches des Mondabstandes. Er hatte also die Mondphasen verstanden. Sein – oder, wahrscheinlicher, eines genialen³⁵ Vorgängers – produktiver Einfall muß es gewesen sein, die Mondsichel „im Hinblick auf“ die Sonne (mit anderen Worten: die *Konstellation* Mond-Sonne als *eine* „Gestalt“) zu deuten³⁶. Er muß *gesehen* haben, was auch heute jeder sehen kann (langsam freilich und nicht „ohne weiteres“, nämlich aufgefordert, die Sonne *mit* im Blick zu haben), daß hier eine dunkle Kugel im Lichte einer Sonne hängt, die schräg *hinter* ihr, *weit* hinter ihr, schweben muß (und zwar einer deshalb *riesigen* Sonne). Dabei kann sich nun die kühne Idee aufdrängen, das *gemeinsame* Zum-Horizont-Niedersinken dieser ganzen Konstellation (gemeinsam *trotz* so verschiedener Abstände!) am *einfachsten* durch ein Rotieren unseres Erdballs fertiggebracht zu denken. Denn andernfalls müßten Sonne und Mond – abgesehen von gewissen viel langsameren Eigenbewegungen – sich verabredet haben, in *derselben* Zeit, in vierundzwanzig Stunden, gemeinsam um uns herumzuschwingen. Das erfordert, so scheint es doch, ein um die Erde umlaufendes, starres Gerüst, an dem sie beide befestigt sein müßten. Nichts ist von ihm zu bemerken.

Und wenn man weiß oder vermutet, daß die Sterne groß und weit entfernt sind, wird man Luther nachfühlen, wenn er sagte:

„Wunder ist's, daß ein solch groß Gebäude und Gewölbe soll in kurzer Zeit umher laufen und gehen; wenn die Sonne und Sterne eisern, silbern, gülden oder eitel stahl wären, müßten sie bald zerschmelzen in so behendem Lauf. Denn ein Stern ist viel größer, denn die ganze Erde, und sind doch so viel unzählige Stern.“

³⁴ „Johannes Kepler in seinen Briefen“, hrsg. v. Max Caspar und Walther von Dyck, München u. Berlin 1930, Bd. I, S. 256.

³⁵ Vgl. hierzu eine Bemerkung von George Polya auf S. 79 f. (Fußnote).

³⁶ Wegen der Einzelheiten verweise ich auf meine früheren Veröffentlichungen: (1) „Die Erde unter den Sternen“, Weinheim, 3. Aufl., 1965. – (2) „Natur physikalisch gesehen“, Braunschweig 1975 – (3) M. Wagenschein, „Wie weit ist der Mond entfernt?“, Nr. 60 in „NP“ – (4) M. Wagenschein, „Himmelskunde“, Nr. 48 in „NP“

Trotzdem muß man allein deswegen den Schluß *nicht* ziehen, zu dem wir uns entscheiden werden. Luther, hier (wie man meinen sollte) nahe daran, ein Kopernikaner zu werden, blieb dabei, Kopernikus für einen Narren zu halten, und zog ganz andere Gedanken vor:

„... das ganze Firmament so schnell und behend bewegt, und in 24 Stunden umher läuft, in einem Huy und Nu, etliche tausend Meile-Wegs, welches vielleicht von einem Engel geschieht.“³⁷

Das Rückschreiten auf Aristarch macht deutlich, daß eine im Sinne der Didaktik *genetische* Gedankenfolge sich mit dem *geistesgeschichtlichen* Weg nicht decken muß. (Ein häufiges erstes Mißverständnis.) Der *kindheitsgenetische* Weg (der naive Erwachsene werde zu den Kindern gerechnet) ist nicht identisch mit dem *menschheitsgenetischen*. Es ist unnötig, im Physikunterricht den Weg über Aristoteles und die Scholastik³⁸ gehen zu lassen. Man kann von Aristarch gleich zu Kopernikus führen. Wissenschafts*geschichte* ist nur nebenbei Gegenstand des Physikunterrichts, aber sie ist Lehrmeisterin des Lehrers, um ihn für den kindheitsgenetischen Weg offen zu machen.

19. Jedenfalls spricht einiges dafür, die Idee der rotierenden Erde einmal zu *prüfen* und nun nachzudenken über die *Einwände*: den fehlenden Ostwind und das Herunterfallen der Äpfel in den *eigenen* Garten.

Erinnern wir uns jetzt wieder an die beiden (in Abschnitt 12 unterschiedenen) Abiturientengruppen, so wird die kleinere, diejenige also, die von Physik etwas versteht, meinen, die Aufklärung dieser Frage verlange die Kenntnis des *Beharrungsgesetzes*, sei also zu schwer für die Volksschule. Hat sie recht?

Ja und nein. Denn wir brauchen zwar wirklich das Beharrungsgesetz dazu, aber

a) ist es nicht in der *strengen* Form nötig (in welcher es sagt, daß der sich selbst überlassene Körper *unaufhörlich* sich gleichförmig geradlinig weiterbewege), sondern es genügt vorläufig in einer groben und ungenauen Fassung: „Ein körperliches Ding, das sich ohne Luftwiderstand, ohne andere Reibung, überhaupt ganz ohne Einwirkung von außen, das heißt ganz sich selbst überlassen bleibt, braucht *eine ganze Weile*, bis es auf gerader Bahn laufend – vielleicht – zur Ruhe kommt“³⁹, und

b) können wir ja den Spieß umdrehen und aus der Erdrotation (sobald sie ein Faktum geworden ist) das *strenge* Beharrungsgesetz *gewinnen*. Das würde etwa so vor sich gehen können:

20. Aus seinen Schnellzugs-Erfahrungen läßt sich heute jeder bald davon überzeugen, warum der Apfel nicht merklich nach Westen zurückbleibt: Er wird von dem Baum und seinem Ast gleichsam *geworfen*, nach Osten, genau wie der Koffer, der aus dem Gepäcknetz „senkrecht“ herunterfällt, das nur deshalb kann, weil er „eigentlich“ (d.h. vom Bahndamm aus beurteilt) in der Fahrtrichtung *geworfen* wird. Er hat den Schwung des Wagens, der Apfel hat den Schwung des Baumes, in sich behalten und bewahrt ihn „eine ganze Weile“, lang genug. Er ist „beharrlich“ („träge“).

Es braucht also auf einer rotierenden Erde der Apfel nicht zurückzubleiben. Daß er senkrecht fällt, ist *kein* Einwand *gegen* die Rotation. Freilich auch kein Argument *dafür*⁴⁰!

³⁷ „Tischreden“ (II, 2730), siehe etwa Goldmanns Gelbe Taschenbücher, Nr. 549, S. 66 f.

³⁸ Hans Blumenberg, „Die kopernikanische Wende“, edition suhrkamp 138, Frankfurt a. M. 1965.

³⁹ Vgl. Newton: „Die Trägheit der Materie bewirkt, daß jeder Körper von seinem Zustande der Ruhe oder der Bewegung nur schwer (!) abgebracht wird, ...“ (Math. Prinzipien der Naturlehre, Hrsg. v. Wolfers (1872), Neudruck der Wiss. Buchgesellschaft Darmstadt, 1963, S. 21.

⁴⁰ Als Schullektüre sehr zu empfehlen ist Galileis „Dialog über die beiden Weltsysteme“, in den wesentlichen Kapiteln aufgenommen in: Galileo Galilei, „Sidereus Nuncius“, hrsg. v. Hans Blumenberg,

21. Aber gerade von dieser Überlegung her bietet sich dem Phantasievollen ein nun wirklich *entscheidendes* Experiment an; es war Newton, der es 1679 der Royal Society vorschlug. Es ist nicht allzu schwer, einem Nachdenklichen zu dieser wahrhaft verblüffenden Vermutung zu verhelfen, eben wegen lang anhaltender Beharrlichkeit alles Bewegten: Wenn nämlich die Erdkugel *wirklich* wie ein Karussell umläuft, dann müßte beim Sturz eines Steines aus einem *sehr hohen* Turm sich bemerkbar machen, daß der Stein da oben (da „außen“) einen viel schnelleren Schwung hat als der Erdboden, auf dem er schließlich landen wird. Daß also die Turmspitze den Stein nach Osten *voraus*-schleudern müßte! Vom Stein aus beschrieben: er kann den schnelleren Schwung auch während dieses länger dauernden Falles nicht „vergessen“, er bringt ihn „beharrlich“ mit sich und legt ihn uns unten hin. Es ist klar daß man diesen „Vorsprung“ ausrechnen kann, wenn man die Höhe des Turmes weiß (bei einer bestimmten Messung, 1802 im Michaelisturm in Hamburg⁴¹ war sie 76,34 Meter) und die für Hamburg gültige Speiche des Erdkarussells (den Radius des Hamburger Breitenkreises). (Es ist durchaus nicht nötig (und in der Schule auch selten möglich), diese Rechnung zu vollziehen. Es genügt die Überzeugung, daß die „Ostabweichung“ eine ganz bestimmte und berechenbare sein muß, falls wir in 24 Stunden umlaufen. Für den Hamburger Versuch ergibt die Rechnung ein östliches Voreilen von 8,7 mm. Gemessen wurden als Mittel aus 31 Versuchen: 9,0 mm (mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 2,5$). Das genügt, um zu überzeugen, daß die Ostabweichung *da* ist. Und man möchte denjenigen sehen, der dafür eine bessere Erklärung wüßte als die, daß die Erde sich *wirklich* umwälzt!

Erfahrungen haben gezeigt, daß der berühmte Foucaultsche Pendelversuch größere psychologische Schwierigkeiten macht (von den experimentellen ganz abgesehen), so daß wir hier, ausnahmsweise, einmal besser daran tun, den durchsichtigeren, in der Schule wohl nur von sehr guten Experimentatoren ausführbaren⁴² Versuch über die „Ostabweichung“ eindringlich und bis in die Einzelheiten überzeugend zu *berichten*.

Wie denkt ihr euch einen solchen Versuch *praktisch*, kann man die Schüler fragen, nachdem man weiß, daß der östliche „Vorsprung“ aus 68 Meter Höhe 8,1 mm betragen müßte? Türme? Kirchen? Schächte? – Der Wind? – Das stoßfreie Loslassen? – Fixierung des ohne Erdrotation zu erwartenden Aufschlagpunktes?

Und dann, auf der Wandtafel niedergehende, knallende, vom Lehrer simulierte (Ein Original folgt! Wartet nur! Man muß sehen, wie es *kommt*!) Einschläge: Die 1. Kugel treibt nach – *Westen* ab? Ein Mißerfolg? Dreht sich die Erde falsch herum? – Wiederholen? (Warum eigentlich? Und wie oft noch? Eine Behauptung wird nicht besser dadurch, daß man sie wiederholt ...) Nun also: eine zweite Kugel: sie weicht gar südlich ab! Eine dritte zum Glück östlich, aber viel zu weit? Ein spannendes Scheibenschießen beginnt, das erst nach dem Verbrauch von 144 polierten Stahlkugeln (wir immitieren jetzt den Versuch Flammarions, 1903 im Pantheon in Paris) jedem Beschauer wortlos etwas aufgehen läßt davon, wie ein physikalisches Versuchsergebnis wirklich zustande kommt. Dies ist nun in Worte zu bringen. Auch wie der Mittelwert zu bestimmen ist. Und wann endlich es „ganz genau“ „stimmen“ würde? Vergleich mit anderen Experimenten: an anderen Orten, aus anderen Höhen, mit anderen Personen.

sammlung insel 1, Frankfurt a. M. 1965.

⁴¹W. Brunner, a.a.O., S. 15 bis 25. Dort ein genauer Bericht über die Originalversuche und auch eine elementare Berechnung des Wertes der östlichen Abweichung S. 15 ff.

⁴²W. Trittelvitz, „Fallversuche zum Nachweis der Erddrehung“. In: Praxis der Naturwissenschaften 11/1965, S. 298 ff.

Dem (in Fußnote 33) genannten kleinen Buch von Brunner ist folgende Tabelle entnommen (S. 19):

Beobachter und Zeit	Ort (geogr. Breite)	Zahl der Versuche	Fallhöhe in m	Östl. Abweichung in mm	
				beobachtet	berechnet
Guglielmini 1791/92	Bologna $\varphi = 40^{\circ}30'$	16	78,3	19±2,5 <small>wahrscheinl. Fehler</small>	11,3
Benzenberg 1802	Hamburg $\varphi = 53^{\circ}33'$	31	76,34	9,0 ± 3,6	8,7
Benzenberg 1804	Schlebusch $\varphi = 51^{\circ}25'$	29	85,1	11,5 ± 2,9	10,4
Reich 1831	Freiburg i.S. $\varphi = 50^{\circ}33'.1$	106	158,5	28,3 ± 4	27,4
Hall 1902	Cambridge (Mass.) $\varphi = 42^{\circ}22'.8$	948	23	1,5 ± 0,05	1,77
Flammarion 1903	Paris $\varphi = 48^{\circ}50'.8$	144	68	6,3	8,1

und (S. 24) das Ergebnis der Pariser Versuche in natürlicher Größe. (Der Kreispunkt bezeichnet den Schwerpunkt.) Brunner bringt mehrere Diagramme und viele wichtige historische wie experimentelle Einzelheiten.

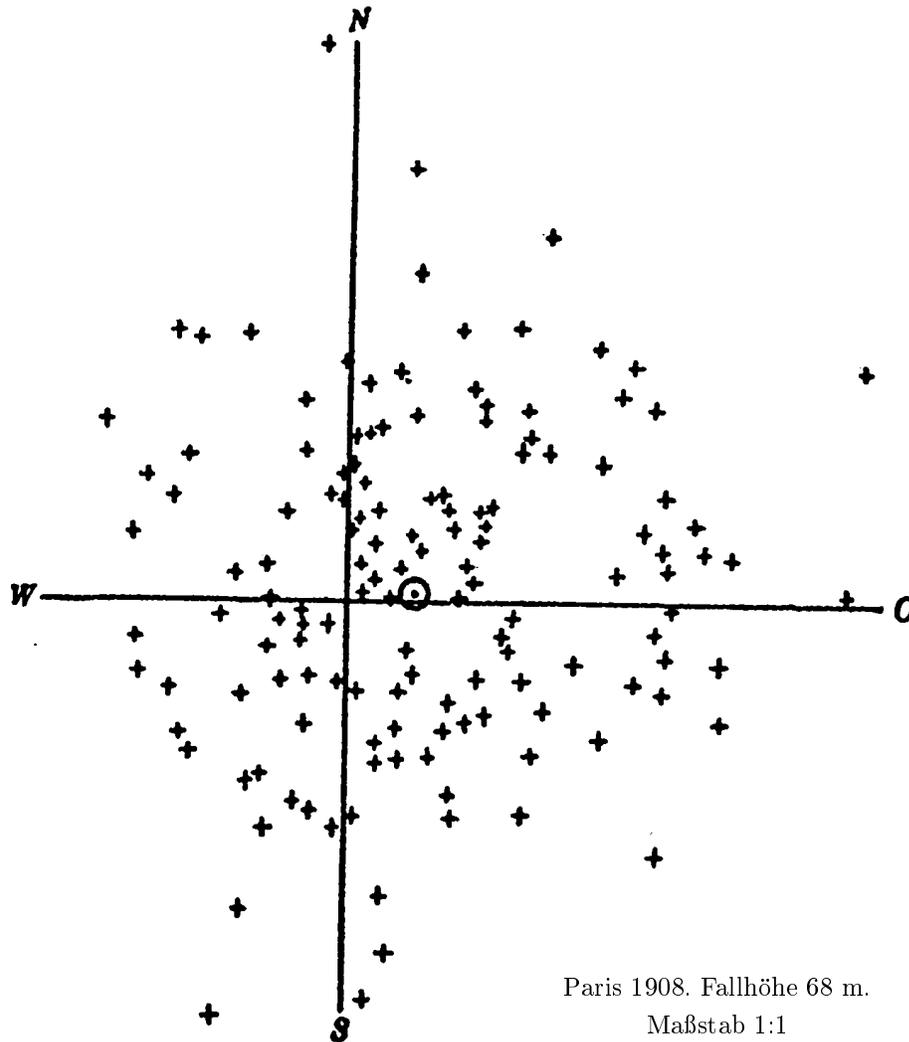
Es dauerte über hundert Jahre, bis Newtons Anregung (die Bemühungen von Hooke führten zu nichts) durch Guglielmini im Turm Asinelli in Bologna 1791/92 ein – noch sehr fragwürdiges – Ergebnis lieferte. Seine Unzulänglichkeiten interessieren die Schüler. Es würde sich lohnen, alle Originaltexte von 1679 bis 1903 zusammenzustellen.

22. Als nicht so zündend erweist sich die Analyse der *Passatwinde*. Erst zusätzlich machen sie Eindruck, obwohl sie allein schon beweisend sind, und den Vorzug haben, daß die Natur *selbst* uns hier einen Hinweis gibt.

Daß es solche äquatorwärts wehenden Dauerwinde überhaupt geben muß, ist aus der Sonnenbestrahlung leicht zu begreifen. Aber sie müßten auf einer *ruhenden* (nicht rotierenden) Erde *genau* quer gegen den Äquator blasen. Ihre Einschwenkung gegen die Westrichtung aber, die sie also zu halben „Ost“-Winden macht, ist nur verstehbar aus einer ostwärtsgerichteten Bewegung des Erdbodens, die ja immer schneller wird, je weiter man gegen den Äquator vordringt: Die Windluft, die eben dies tut, gerät so über zunehmend bewegten Erdboden und kommt deshalb immer weniger mit. Zwar hat auch sie den Dreh nach Osten von Hause aus in sich und bringt ihn auch beharrlich mit. Aber er bleibt eben deshalb immer mehr unter dem ortsüblichen *zurück*. So entsteht für den äquatornahen Erdbewohner ein Zug aus Osten. Das Östliche an diesen Winden ist Wind, den wir uns *machen*, „Fahrtwind“. Da *ist* also der Ostwind, den die Kinder erwarteten, als wir ihnen die Erdrotation einreden wollten! (Wenn sie es auch nicht ganz so meinten.)

23. Ist man auf diesem Wege von der Rotation überzeugt worden, so findet man in ihr nun, nebenbei und nachträglich, auch eine zwingende Demonstration für ein viel genaueres *Beharrungsgesetz* oder „Trägheitsgesetz“, als das vorläufige war, das uns die

Schnellzugfahrten lehrten: Die Erde, reibungslos, dreht sich schon seit vielen tausend Jahren unermüdlich, denn die Tage werden nicht länger. Und sie tut es ohne äußeren Antrieb. Die – wie sie – nur sich selbst überlassenen bewegten Körper können also, so scheint es, ihre Bewegung *überhaupt* nicht vergessen!



Die Erde dreht sich wirklich! Von hohen Türmen fallende Körper schleudert sie merklich nach Osten voraus.

24. Sind die Argumente gegen und für die Umwälzung in solcher oder ähnlicher Weise gründlich durchgedacht, so scheint die *Assimilation* nicht mehr sehr schwierig zu sein. Sie ist erreicht, wenn man etwa, im Walde liegend, spürt, wie die Schatten der Buchenstämme übers Gesicht wandern, und das dann so erfühlen kann (sofern man es einmal will): Die Sonne steht und bleibt da stehen, wo sie ist, aber wir wälzen uns wie auf einer Tonne nach Osten, so daß – nicht: sie immer höher über uns steigt, sondern – wir immer tiefer unter sie rollen. *Und* wenn man im ernstesten Sinne von der *Richtigkeit* dieser Deutung überzeugt ist. (Man kann diese Einfühlung zwar auch dann nachempfinden, wenn man die Gründe nicht verstanden hat. Aber man fühlt sich dann ein in ein Gerücht, ohne seiner Richtigkeit sicher zu sein.)

25. Wie unbedacht bisweilen auch in Erwachsenen die Scheinkenntnisse angesammelt sind und sogar einander in grotesker Weise zu stützen suchen, wenn das Denken doch noch einsetzt, zeigt eine Vermutung, die unter Studenten – nicht so ganz nur scherzhaft – einmal vorübergehend laut wurde: Ob man nicht über die Antipoden insofern doch beruhigt sein könne, als sie, eben dank der Erdrotation, immer wieder einmal obenauf wären!

Ehe nicht der schwebende Erdball ganz verstanden ist, sollte also von seiner Rotation gar nicht die Rede sein. Jedenfalls müssen wir uns, um solche Korruption des Verstehens zu vermeiden, in und außerhalb der Schule vor Verfrühung hüten. – Eine Studentin erzählte mir, daß sie als Schulkind des ersten Jahres einmal aus irgendeinem Grund vom Lehrer zu den älteren mitgenommen wurde, als er denen die tägliche Umwälzung der Erdkugel am Globus demonstrierte. Folge für die Kleine: nächtliche Angstzustände. Denn sie fürchtete, nachts auf der Unterseite der Erde hängend, abstürzen zu müssen. Zum Glück dachte sie nicht so konsequent, daß sie dasselbe für ihre Bettstelle argwöhnte. So half es, sich an ihr festzuhalten.

Für prestigesteigernde Informationen ist die Schule nicht da. Sie kann das dem Quiz überlassen. Natürlich sollte kein Lehrer so tun, als wisse er nichts davon, daß „man sagt“, die Erde drehe sich. Im Gegenteil. Aber er wird die Kinder auffordern, die Leute auszufragen, ob sie es auch glauben und woher sie es wissen. Er wird die Kinder hungrig machen auf den Tag, da sie es selber nachprüfen können. Nur darf er sich nicht hinter die fade Auskunft verschanzen, die „Astronomen hätten das ausgerechnet“. Denn wie es in der Natur zugeht, erfährt man bei den elementaren Entdeckungen nicht durch Ausrechnen, sondern durch Hinsehen, Nachdenken, Nachahmen und ganz zuletzt erst „Rechnen“.

5 Der jährliche Umlauf

26. Unsere naturwissenschaftlichen Bildungsprogramme beteuern zwar seit langem, daß der Unterricht von der Anschauung und der Beobachtung des natürlich Gegebenen ausgehen solle. Aber es gibt Erkenntnisse, bei deren Erschließung dieses Prinzip wie mit dem blinden Fleck betrachtet wird. Vielleicht meint man, es sei auch hier – bei der Frage „Hat Kopernikus auch *recht*?“ – „zu schwer“, vom „Gegebenen“ auszugehen und dem, was es uns „gibt“, und denkend weiterzukommen? *Ist es zu schwierig?*

Daß die Erdkugel um sich selber kreiselt, betont nur den Mittelpunkt, um den sie sich ordnet, *bestärkt* uns also in dem Glauben, in der Mitte auch der Welt zu wohnen. – Was macht uns wankend?

Die Mond-Sonne-Konstellation verrät uns (nachdem wir auch über die Größe von Erde und Mond Bescheid wissen) eine sehr ferne und riesige Sonne. Ist man erst einmal überhaupt geneigt, mechanistisch zu denken, so zögert man, auch die *jährliche* Bewegung der Sonne, ihr selber, diesem Riesenball, zuzuschreiben. Aristarch mag so gedacht haben. – Das zweite Phänomen, das sich in diesem Zusammenhang klären wird, sind die Planetenbahnen.

Es scheint, daß weder Kinder noch Erwachsene der zivilisierten Welt von beidem je etwas sehen. Haben die Schulen darauf verzichtet, auf diesem Gebiet wissenschaftlich zu unterrichten, das heißt: auszugehen von dem, was jeder ohne Schwierigkeiten sehen kann, und es dann auch sehen zu *lassen*?

Vom *jährlichen Umlauf der Sonne* (oder was da auch vor sich gehen mag) bemerken wir am ehesten etwas durch die Entdeckung, daß es Winter-Sternbilder gibt. Orion etwa

ist in unserem Sommer von keinem Ort der Erde aus zu sehen. Es ist aber nicht schwer, ihn zu verfolgen: Bleibt man ihm vom Winter her über den Frühling hinweg auf der Spur, so verrät er, wo er bleibt: Mitsamt seiner ganzen Stern-Nachbarschaft verkriecht er sich langsam in die Nähe der Sonne, bis er im Sommer mit ihr auf- und untergehend überblendet und so unsichtbar wird.

Diese Kulissenverschiebung scheint zunächst die Wahl zwischen nur zwei Deutungen zuzulassen: Verschiebung der Sonne vor einem festen Himmel, oder: Rotation der Himmelskugel hinter der ruhenden Sonne. Es ist lehrreich für den Anfänger, daß keine Entscheidung möglich ist.

Demonstriert in der Schule die mit Sternen bemalte Tafel ein Stück Himmel, weit davor eine Lampe die Sonne und ein Kinderkopf die Erde, so ergibt sich eine dritte Möglichkeit: diese Erde läuft um die Sonne.

Dann kommt ebenfalls alles so heraus, wie wir es sehen. Deshalb braucht dieses Dritte freilich noch nicht wahr zu sein. Die Vorstellung einer durch den Raum rasenden Erde ist allzu abenteuerlich für jeden, der mit ihr Ernst macht.

27. Nun ist es Zeit, den Blick auf die *Planetenbahnen* zu richten.

Ist es schwierig, sich die Planeten zeigen zu lassen und durch Monate hindurch zu verfolgen, was sie tun? Jeden Abend fünf Minuten?

Was würden wir sagen, wenn es Brauch wäre, Elektrizitätslehre ohne Experimente zu unterrichten? Seltsamerweise dulden wir es, daß jedermann nur nachredet, die Erde laufe um die Sonne, ohne daß er jemals Planeten in ihrer Wirklichkeit angeschaut hat. Die *Planetenbahnen* sind *das* Phänomen, das Kopernikus deutet. Die Planeten sind leicht zu finden, da sie den größten Himmelskreis, der durch Sonne und Mond führt, nie weit verlassen. Der Lehrer braucht nur am Anfang einen Hinweis zu geben (den er einem Himmels-Jahrbuch oder der Zeitung entnehmen kann), wo sich Venus, Mars, Jupiter und Saturn gerade aufhalten. Sollte es dann nicht möglich sein (vielleicht nicht die ganze Gruppe, aber doch) einzelne Kameradschaften dafür zu erwärmen, einen solchen „irrenden“ Stern detektivisch durch einige Monate zu verfolgen und seine Spur in einer Skizze des gerade von ihm besuchten Sternbildes aufzunehmen? Dann tritt der seltsame, bald eilende, bald zögernde, sogar umkehrende, immer wieder sich verschlingende Lauf hervor, in dem diese Nomadensterne die Mond-Sonne-Bahn umspielen.

Wenn man nun schon *erwogen* hat, ob nicht die Erde die Sonne umkreise, so wird man sich überlegen, ob dadurch diese Schlingen sich entwirren lassen?

28. Wie nämlich der Weg der *Venus* als ein (nach hinten und vorn die vermeintliche Kuppel *durchbrechendes*) Um-die-Sonne-Schwingen gesehen werden kann. Und wie bei dem Lauf eines äußeren Planeten (Mars, Jupiter, Saturn) ein einfacher, die Erde miteinschließender Kreislauf um die Sonne herum *überlagert* sein könnte von *scheinbaren Rückläufen*, die *nur* daher kämen, daß auch wir auf der *nicht* feststehenden, sondern ebenfalls um die Sonne im Kreis fliegenden Erde diesen Planeten, den wir gerade beobachten, immer wieder *überholen*!

Kopernikus in seinem frühen „Commentariolus“ (zwischen 1507 und 1514):

„Was bei den Wandelsternen als Rückgang und Vorrücken erscheint, ist nicht von sich aus so, sondern von der Erde aus gesehen. Ihre Bewegung allein also genügt für so viele verschiedenartige Erscheinungen am Himmel.“ (*Quod in erraticis retrocessio ac progressus non esse ex parte ipsarum, sed telluris. Huius igitur solius motus tot*

*apparentibus in coelo diversitatibus sufficit.)*⁴³

Einfachheit also ist es, was wir mit Kopernikus' Vorschlag gewinnen können! Eingänglicher (für Deutsche, und besonders für Kinder) steht es bei Kepler:

„... das solliche planeten die dahinten pleiben, nit zween laüffe haben, sondern das diser lauff ... nur ein scheinlauff seye, vnd daher khompt, weil die Erd mit vns umbgehet ...“⁴⁴

29. Es genügt nicht, den Inhalt dieses Satzes auf dem Papier einzusehen (in der bekannten Zeichnung der Lehrbücher). Um ihn ganz zu assimilieren, muß man ihn auch am Himmel verstehen: den „dahinten bleibenden“, also „rückläufigen“, Mars etwa gar nicht *wirklich* rückläufig zu sehen, sondern umgekehrt: *mit* uns fliegend (der täglichen Drehung der Kuppel entgegen, der Erdrotation folgend) in *derselben* Richtung also, wie auch die Erdkugel fliegt, nur *langsamer*, also von uns *überholt* und deshalb scheinbar zurückbleibend. (Nicht anders wie ein überholter Eisenbahnzug an unseren Fenstern rückwärts vorbeigeleitet, *obwohl* er in *derselben* Richtung wie unser eigener Zug sich bewegt.)

30. Wer der Beobachtung, dem Gedankengang und der Einschmelzung des Ergebnisses bis hierher folgen konnte, der darf nun freilich einstweilen nicht *mehr* als die *Möglichkeit*, ja Wahrscheinlichkeit sehen, daß es sich so verhalten *könnte*. Mehr konnte man im ganzen 17. und 18. Jahrhundert strenggenommen nicht verlangen. Deshalb brauchte Tycho Brahe sich Kopernikus nicht anzuschließen, und der höchst sachverständige Pascal hatte durchaus das Recht, sich so skeptisch auszudrücken, wie er es tat:

„Wenn man daher in vernünftiger Weise (*humainement*) sich unterhält (*discourt*) über die Bewegtheit (*mouvement*) oder das Feststehen (*stabilité*) der Erde, so ergeben sich alle Phänomene der Bewegung und der Rückläufigkeit der Planeten vollkommen aus den Hypothesen von Ptolemäus, von Tycho, von Copernicus und aus vielen anderen, die man aufstellen kann, von denen allen aber nur eine einzige wahr sein kann. Aber wer wird es wagen, eine so große Unterscheidung (*discernement*) zu treffen, und wer wird, ohne Gefahr des Irrtums, eine auf Kosten der anderen aufrecht erhalten können ... ?“⁴⁵

Wenn er also Kopernikus' Theorie für eine „opinion“, eine Meinung, hielt und nicht für eine „vérité“, eine Wahrheit, so hatte er für seine Zeit völlig recht. Kopernikus' Meinung war die einfachste, das ist sicher. Mußte sie deshalb die Wahrheit sein? Aber Pascal würde nicht gezögert haben, seine Zustimmung zu geben, wenn er gewußt hätte, was zweihundert Jahre nach seinem Leben nur die *Technik*, in Gestalt des weiterentwickelten Fernrohrs, eröffnen konnte: das, was man die „*jährliche Parallaxe der Fixsterne*“ nennt. Auch sie ist keine so sehr mathematische Angelegenheit, wie uns eine ebenfalls immer wiederkehrende Lehrbuchfigur anzudrohen scheint, die sich unnötig schon um die quantitative Erfassung müht.

Es genügt, mit den Kindern in einen Wald mit viel Unterholz zu gehen, so daß sie über, unter und neben sich von Blättern umgeben sind, nahen und fernen. Das wären die

⁴³Rossmann, a.a.O., S. 11.

⁴⁴Rossmann, a.a.O., S. 87.

⁴⁵Pascal, Fischer-Bücherei Nr. 70, S. 81 f. (Brief an Père Noel, 29.10.1647) und Oeuvres complètes de Blaise Pascal, Paris, 1866, Tome III, p. 16. – Siehe auch S. 14 der Ausgabe von Pascals „Gedanken“, in der Sammlung Dieterich, Leipzig, o.J.

Sterne. Und lehrt man die Kinder dann, breitbeinig dastehend mit dem ganzen Körper wie ein Baum-im-Winde zu kreisen (der Kopf macht dann einen waagerechten Kreis), und läßt man sie dabei auf die Blätter achten (und *nur* auf sie, als wären sie *allein* da, und als wüßte man *nicht* schon, welche nah sind und welche fern), so werden sie sehen, daß die näheren vor dem Hintergrund der ferneren im Takte des Kopfes hin und her schwanken. Die in der Höhe des Kopfes stehen, werden einfach hin und her gehen, die *über* dem Kopf hängen, werden kreisen oder Schleifen ziehen, je näher, desto merklicher.

Und da nun – und das ist nun die erste *entscheidende* Entdeckung der „jährlichen Parallaxe“ – die großen Fernrohre *sehen* lassen, daß es Fixsterne *gibt*, die derartiges *tun* (– im Takte *unseres*, der Erde, Jahres, alle *sehr wenig*, aber ohne Zweifel; manche etwas mehr als andere und die meisten allerdings gar nicht –), so ist die Folgerung klar und noch dazu doppelt:

Die erste: Die Erde schwebt im Takt des Jahres im Raume hin und her, sie umschwingt einen Kreis. Die zweite: Die Fixsterne stehen an keiner Kuppel. Sie sind im uferlosen Raum verstreut, alle sehr fern; aber manche näher, manche ferner. Die Weite ihres winzigen Schwankens gibt ein Maß ihres ungeheuerlichen Abstandes. Wären sie so nah wie die Planeten, so würden sie *riesige* Schleifen an den Himmel zeichnen. Es ist *das-selbe* Phänomen: die Schleifen der Planetenbahnen *zeigen ihre*, der Planeten, „jährliche Parallaxen“ – nur über den Himmel verschleppt, da die Planeten, anders als die Fixsterne, langsam selber umlaufen (*außer* ihrer Teilnahme an der allgemeinen täglichen Umwälzung des Himmels).

Und die Sonne? Daß unser, der Erde, Rundlauf (den, wie gesagt, die einträchtig im Lauf unseres Erdenjahres in ganz kleinen Schleifen schwingenden Fixsterne ausweisen), daß unser Rundlauf um *sie*, die Sonne, als Mittelpunkt, herumführt, das verrät sie uns daran, daß sie die größte aller Fixsternparallaxen vorführt: einen Kreis um den *ganzen* Himmel herum, einmal im Jahr (eine jährliche Parallaxe, mit anderen Worten, von 180 Grad). Im Vergleich zu diesem Übermaß machen die nächsten Fixsterne so winzige Krin-gel, daß nur die großen Fernrohre sie sehen können: Ausdruck einer, im Vergleich zur Sonne, fürchterlichen Entfernung.

Die Entdeckung des ersten, seinen Ort jährlich umschwankenden Fixsterns gelang Friedrich Wilhelm Bessel 1838. Aber bei welchem von den Millionen konnte er hoffen, daß er ein *naher* wäre? Die Annahme, daß gerade die hellsten nur ihrer Nähe wegen so hell seien, hatte sich nicht bewährt.

Hier half eine andere große Entdeckung, die bereits fast hundert Jahre zurücklag und die allein schon die Existenz einer die Sterne tragenden Kuppel unwahrscheinlich gemacht hatte: Manche Fixsterne sitzen nicht fest, sondern bewegen sich ganz langsam schleichend in dieser oder jener Richtung am Himmel fort. Eine ungeordnete Bewegung, die die Stern-bilder in ein merkliches Fließen bringen würde, wenn wir zehn- oder zwanzigtausend Jahre zusehen könnten. Bessel:

*„Es ist seit der Mitte des 18. Jahrhunderts bekannt, daß mehrere Fixsterne ei-gentümliche, stetig fortschreitende Bewegungen an der Himmelskuppel zeigen, die eine Änderung ihrer Stellung gegen benachbarte Sterne zur Folge haben.“*⁴⁶

(Es sind also fortschreitende, nicht schwankende, es sind wirkliche, sogenannte „Ei-genbewegungen“.) Sie geschehen alle sehr langsam. Auch heute kennt man nur hundert

⁴⁶Entnommen aus: F. Dannemann, „Aus der Werkstatt großer Forscher“, Leipzig 1922, S. 359, 360, 362.

Sterne, die so „schnell“ sind, daß sie in 20 000 Jahren über mehr als eine Vollmondsbreite hinauskommen.

Sterne mit großer Eigenbewegung durfte man für verhältnismäßig nahe halten. Bessel:

„Als ich die große Eigenbewegung des 61. Sterns des Schwans erkannte, hob ich die Aussicht heraus, seine jährliche Parallaxe größer zu finden als die fruchtlos gesuchten jährlichen Parallaxen anderer Sterne.“⁴⁶

Bessels Stern verschiebt sich in schon etwa 360 Jahren um die Vollmondsbreite. Bessel verfolgt seinen Stern mit einem neuen guten Fernrohr der Königsberger Sternwarte, und zwar verglich er vom 16. August 1837 bis zum 2. Oktober 1838 85mal seine Lage zu zwei Nachbarsternchen, die keine Eigenbewegung zeigten, also vermutlich sehr viel weiter von uns abstehen als der Stern 61. Er fand (der Eigenbewegung überlagert!) eine kleine jährliche Schwankung von etwa $\frac{1}{3000}$ Mondbreite. Seitdem wissen wir⁴⁷ von insgesamt einigen hundert Fixsternen, die alle mehr oder minder erkennbar unser irdisches Jahr an den Himmel der großen Fernrohre zeichnen. Der ganze Himmel (soweit seine Sterne – die meisten! – nicht allzuweit im Raume abstehen) schwankt nach *unseren* Frühlingen!

Bedenkt man, daß diese jährliche Schwingung der Fixsternwelt also daher kommen muß, daß *wir* mit der Erdkugel um die Sonne schwingen (und zwar so, daß wir in einem halben Jahre ebenso weit, nämlich 150 Millionen Kilometer, *hinter* der ruhenden Sonne sein werden, genauso viel, wie wir im Augenblick *vor* ihr stehen), so ahnt man die Ungeheuerlichkeit des Raumes, der zwischen uns und schon den nächsten Fixsternen liegt, von denen einer der 61. im Schwan ist. Bessel:

„Wählt man ... die Entfernung, die ein Dampfwagen täglich durchlaufen kann, so sind fast 200 Millionen Jahresreisen zur Durchmessung des Abstandes jenes Sternes erforderlich.“⁴⁸

Dies alles ist nicht sehr schwierig zu verstehen, wenn man sich dafür nur Zeit nimmt. Wer die Verhältnisse noch besser nachbilden will als durch den oben beschriebenen Blätterwald, der baue einen räumlichen Lichtergarten von kleinen, schwach glimmenden Glühlämpchen um das im Dunkeln mit dem Kopfe kreisende Kind auf. – Manchmal kann man diese Situation fertig vorfinden: Wenn der Zug nachts keine Einfahrt in den Großstadtbahnhof hat und man die zahllosen Signallampen auf dem Boden und über ihm wie Sternbilder sieht (weil man ihnen nicht ohne weiteres anmerken kann, welche nah und welche weit entfernt sind). Bewegt man sich aber im Gang des Wagens einige Meter auf und ab, so gehen draußen auch die Lichter hin und her. Die sich stark bewegen, sind nahe; die sich wenig rühren, fern.

31. Es ist reizvoll, sich einmal die Umstände auszumalen, unter denen man alle drei Einsichten *zugleich* am besten sinnlich gegenwärtig haben könnte: die Kugelgestalt, die tägliche Umwälzung und den jährlichen Umgang um die Sonne.

Das Gefühl, das wir bei Exupéry ausgedrückt fanden, das von allen Schollen des Erdkörpers Gehaltenwerden, können wir zwar überall gewinnen, am besten aber auf der südlichen Halbkugel, um unser letztes nördliches „Oben“ preiszugeben. Günstig wäre eine Insel, die dem Südost-Passat ausgesetzt ist. Vielleicht St. Helena. Käme noch eine Mondfinsternis hinzu, so hätten wir alles beisammen, was in einem Augenblick zu vereinigen

⁴⁷ Fischerlexikon Nr. 4, Astronomie, 1957, S. 40, 201.

⁴⁸ F. Dannemann, a.a.O.

wäre. Der Lauf um die Sonne ließe sich freilich erst aus den Planetenbahnen in Monaten ahnen, und so wäre also nur noch zu wünschen, daß in der Zeit unseres Aufenthaltes etwa Jupiter eine schöne Schleife zöge.

Wichtiger ist, daß solche Umstände gar nicht nötig sind, und auch keine mathematischen Umstände, sondern daß jedes gesunde Kind von seiner Heimat aus die Erde als einen durch den Raum wirbelnden Ball sich wirklich als ein mit Sinn und Geist erfahrenes, durchaus verstandenes Wissen aneignen kann, ohne seine Heimat zu verlieren.

Vielleicht ist eine Erklärung dafür angebracht, daß ich die Entdeckung der „*Aberration* des Lichtes“ (durch Bradley, 1727) nicht in den Haupttext aufgenommen habe. Denn man kann sie als frühesten und einfachsten Beweis für den Erdumlauf anführen.

Sie hat, didaktisch gesehen, den Nachteil, mehr vorauszusetzen als die Parallaxe zu ihrem Verständnis nötig hat: die Kenntnis der Lichtgeschwindigkeit. (Sie lag dank Roemers Messungen an einem Jupitermond seit 1675 vor, war aber noch lange umstritten.) Dazu kommt: die *Aberration* gibt für die Astronomie nicht soviel her wie die Parallaxe, denn sie verrät nichts über die Entfernung der Fixsterne, da sie an allen gleichermaßen zu sehen ist.

Andererseits kann man auch Vorteile sehen: man braucht nicht zu wissen, was die Sterne sind; man begnügt sich mit dem Licht, wie es hier, „bei uns“, an unserem planetarischen „Zuhause“, vorbeikommt, und vermag schon daraus den Kreisflug unseres „Hauses“ zu entdecken (wenn auch natürlich nur in bezug auf die Fixsternwelt).

Die *Aberration* ist leicht verständlich zu machen aus Tyndalls schönem, erkenntnispsychologischen Bericht über den produktiven Einfall, der Bradley seine Messung verstehen ließ. Wir haben damit eine großartige Hilfe für genetisches Unterrichten. (Bradley war ja auf der Jagd nach der Parallaxe. Niemand konnte damals wissen, daß auch die größte Parallaxe nur ein Fünfzigstel dessen beträgt, was Bradley mit den ihm zur Verfügung stehenden Fernrohren noch messen konnte. Trotzdem war klar, daß die 1727 entdeckten Umläufe nicht parallaktische sein konnten: sie liefen „falsch herum“.) – Nun Tyndalls Bericht: (J. Tyndall, „Das Licht“, Braunschweig 1876, S. 24 f.) „Bradley erkannte in der unbedeutendsten Tatsache ein Bild der größten. Er fuhr eines Tages in einem Boot auf der Themse und bemerkte, daß die Flagge am Mast, so lange sein Lauf unverändert blieb, anzeigte, daß der Wind konstant in derselben Richtung blies, daß aber der Wind mit jedem Wechsel in der Richtung des Boots sich zu verändern schien. ‚Hier war das Bild seines Gedankens‘, wie Whewell sagt. Das Boot war die Erde, die sich auf ihrer Bahn bewegte, und der Wind war das Licht eines Sternes. – Wir können fragen, was wären ohne Bradleys Befähigung, das ‚Bild‘ zu sehen, Wind und Fahne für ihn gewesen? Wind und Fahne und nichts mehr.“

Weitere Anregungen zur Veranschaulichung in den (genetisch gestimmten) Werken: E. Mach, „*Physikalische Optik*“, Leipzig 1921, S. 35 f. – A. Köhl, „*Der Sternhimmel*“, Leipzig 1924, S. 144 ff.

6 Der physikalische Aspekt des Himmels

Daß es möglich und die Pflicht des Lehrer ist, die Heimatverluste auszugleichen, die Schritte der Entfremdung behutsam gehen zu lassen und durch eine vollständige Assimilation das neue Fremde an das Vertraute anzugliedern, dies darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß dieses Weg-Geleit immer mühsamer wird und einmal ein Ende hat: Die *vollständige* astronomische Distanzierung, welche die „ganze Welt“ von außen als ein physikalisches Getriebe ansehen läßt, kann niemals Heimat bieten. – Heimat ist nur, wo Kinder aufwachsen können. Erd-Kinder können aber nur auf dem Erdreich unter dem Himmelszelt aufwachsen, unter seinen Lichtern und Wolken. Die Weltraumfahrer werden es wissen –

oder erfahren.

Deshalb ist es vielleicht das Allerwichtigste, daß der Lehrer auch das Folgende weiß und die Kinder spüren läßt:

Die astronomischen Enthebungen (wenn man so sagen darf) können im Grunde dem „Erdreich unter dem Himmelszelt“, auf dem wir „wohnen“, überhaupt nichts anhaben.

Das ist so gemeint: Alles bisher besprochene Angliedern und Vertrauen-Gewinnen bezieht sich auf Wechsel des Standorts und des Bezugssystems. Alle diese Wechsel geschehen aber noch im *physikalischen* „Horizont“, im System der physikalischen Kategorien.

Das heißt: Sie betreffen uns nur, soweit wir physikalische „Körper“ – nicht: „sind“, sondern insofern jedem von uns ein („sein“) physikalischer Körper „zugeordnet“ werden kann. Wir würden also aus der Physik eine Anthropologie machen, wenn wir meinten, die Erkenntnisse der astronomischen, d. h. physikalischen „Erörterung“ unserer „Körper“ könne das Wesenhafte unserer Existenz aussagen. Freilich sind sie gewiß nicht bedeutungslos, so wenig wie die des biologischen Aspektes, der uns als Organismen sieht. Aber beide sind sie Aspekte.

„Die als physikalisches Objekt gesichtete Leiblichkeit des Menschen – sie ist ein Aspekt des menschlichen Seins, den es nur geben kann in Korrelation mit dem Denken, das durch den Einsatz der ihm eigentümlichen Methodik aus dem Gegebenen das Gebilde herauskonstruiert, welches der ‚Mensch als physikalischer Körper‘ heißt.“ (Litt)⁴⁹

So können die Ergebnisse der Astronomie niemals auslöschen, was uns gesagt wird in jener Zuwendung zum Himmel, die aus einem viel weniger eingeschränkten Einvernehmen mit ihm hervorgeht, als die physikalische Sicht es ist (die nur das Meßbare zuläßt und „vermessen“ wird, wenn sie das Herauskonstruierte für das eigentlich Wirkliche hält).

Unsere Lehrbücher lieben es, von der „scheinbaren“ Himmelskuppel zu sprechen, von den „scheinbaren“ Bewegungen des Planeten und dergleichen. Es ist klar, was sie in Wahrheit meinen. Aber sie gefährden mit dem Wort „scheinbar“ im Kinde Wirklichkeiten, denen kein kopernikanisches System etwas antun kann. Sie sollten also lieber sagen: es werde hier von Bewegungen gesprochen, wie sie „im Bezug auf“ die Erdkugel verlaufen.

Aber es geht sogar um noch etwas ganz anderes und Radikaleres als diese Relativierung *innerhalb* des physikalischen Bildes der Welt. Es ist nichts „Scheinbares“, was der Himmel mit seinen über den Mond jagenden Wolken, ein andermal als hoher Sommerhimmel, sagen kann. Nur wir sind nicht in der physikalischen Verfassung. Ja unter Umständen kann gerade sie uns als eine scheinbare, ja gespenstische, vorkommen. Van den Berg:

„Die Erde dreht sich. Welche Erde? ...

Gibt es denn eine andere Erde?

Gibt es nicht eine solch andere Erde, daß die Erde, die Foucault an den Tag zwingt, dabei ins Nichts versinkt? Mit dieser anderen Erde macht man Bekanntschaft, wenn man an einem Sommertage die Fenster öffnet und sieht, daß es schon Tag ist;

⁴⁹Th. Litt, „Naturwissenschaft und Menschenbildung“, 3. Auflage, Heidelberg 1959, S. 108. – W. Heitler, „Der Mensch und die naturwissenschaftliche Erkenntnis“, Braunschweig, 4. Aufl., 1966, S. 71. – A. Portmann, „Welterleben und Weltwissen“, München, 1964 (Piper-Bücherei, Nr. 202). – Deutscher Ausschuß für das Erziehungs- und Bildungswesen, „Empfehlungen und Gutachten“, Klett, Stuttgart 1965, Folge 9, S. 106/107. – Siehe auch die Beiträge 32 und 53 in „U 1“; M. Wagenschein, „Der gestirnte Himmel über uns“, Nr. 56 in „NP“.

die Sonne vertreibt den Nebel und steigt auf über dem Gras. – „Die Erde dreht sich!“ – das würde in diesem Augenblick dasselbe sein wie ... „Das ist eine Terz“. Ebenso wie eine Terz und die ganze Partitur ins Nichts versinkt bei der Musik, ... die wir ... hören, genauso verschwindet das Foucaultsche Drehen ins Nichts bei dem Sommermorgen, bei allem, was da draußen geschieht, was sich da bewegt, auf eine vollkommen andere Art sich bewegt, als die Bewegung sich bewegt, die Foucault machte. Gewiß: machte.“⁵⁰

Niemals sollte ein Schulkind auch nur im geringsten, und sei es auch nur unbewußt, eine Art schlechten Gewissens spüren, wenn es den Mond „noch immer“ als den Freund der Wolken und seiner selbst über das Himmelszelt gehen sieht; verwirrt von dem Gedanken, dies alles sei „nur Schein“. Niemals sollte es sich gespalten fühlen, wenn es *einmal* astronomischen Schlüssen nachgeht und es doch nicht lassen kann – zum Glück – ein andermal Erfahrungen und Gedichten sich zu öffnen, in denen der Mond keineswegs als Kugel von der Masse m und die Erde nicht als Ball empfunden wird. Es soll spüren: es selbst lebt in solchen Gedichten nicht in einer scheinbaren, sondern in einer volleren und weniger eingeschränkten Wirklichkeit als in der messenden astronomischen Zuschauer-sicht. Seine ursprüngliche Wirklichkeit ist keine „objektive“ zwar, aber doch auch mehr als eine private, da sie immer wieder einzelne von uns miteinander tief verbinden und in der Kunst sogar auf Unbeteiligte übergreifen kann. Es ist *die* Wirklichkeit, die uns sagen läßt: „Hier“ auf dem „Erdreich unter dem Himmelszelt“ „wohnen“ wir. Dieses „Hier“ hat keine Koordinaten, und dieses „Wohnen“ dauert in einer Weise, die durch kein Pendel meßbar ist. „Erde“ und „Himmel“ werden hier nicht für den messenden Verstand eingeschränkt, sondern in ihrer ganzen Fülle mit allen seelischen Organen wahrgenommen. Dabei distanzieren wir uns nicht, wir identifizieren uns. Eine Art der Zuwendung, ja der Vereinigung ist das, die unter Umständen an Wirklichkeit nichts zu wünschen übrigläßt. Große Beispiele dafür finden wir in Leo Tolstois Roman „Krieg und Frieden“⁵¹.

Wer gar nichts erfahren hat von den astronomischen Erkenntnissen, der lebt in der Armut, aber auch in der Geborgenheit des Nichtwissenden; glücklicher und reifer als jener, der es auf falsche Weise weiß: verwirrt, gespalten, entwurzelt. Nur wer sie auf die rechte Art weiß, hat nichts an Geborgenheit verloren und viel an Staunen gewonnen.

7 Anhang

In den „Mitteilungen der Ländli-Mission (im Verband der Mission Protestante Belge) in Ruanda“ (jetzt: „Mitteilungen aus der Mission“) findet sich im Oktoberheft 1958 folgender Bericht⁵².

Ist die Erde wirklich rund?

Um unseren Afrikanern ihr bescheidenes Wissen zu erweitern, vor allem aber um sie in Gottes wunderbare Schöpfung einzuführen, erklärten wir ihnen eines Tages, daß die Erde rund sei. Die erste Reaktion war ein gutmütiges, breites Lachen, das

⁵⁰J. H. van den Berg, „Metabletica (Über die Wandlung des Menschen)“, Göttingen 1960, S. 62 f.

⁵¹Leo N. Tolstoi, „Krieg und Frieden“, Paul List Verlag, München 1953, S. 361, 785, 820, 867.

⁵²Nachdruck mit freundlicher Erlaubnis des „Diakonissen-Mutterhaus Ländli“, Oberägeri. Kanton Zug, Schweiz. – Um die verschiedenen Schritte des Gesprächs deutlich voneinander abzuheben, habe ich die Anzahl der Absätze vergrößert.

Lachen eines schlauen Kindes, das einen Erwachsenen dabei durchschaut, wenn er es zum besten halten möchte! Doch als sie sahen, daß es sich nicht um einen Scherz handelte, gingen sie zum offenen Angriff über:

„Schwester, ich bin von L. nach M. gereist (ca. 300 km) und habe nichts von einer Rundung beobachten können!“

Der Globus sollte mir zur Hilfe kommen. „Seht, so müßt ihr euch die Erde vorstellen ...“

„Ja, wo hat sie denn ihren Fuß angemacht, und wo geht das Eisen durch, an dem sie sich dreht?“

„Das sind hier nur Hilfsmaßnahmen, die Erde selbst hat kein Eisen im Leib, sondern das ist nur eine Linie, die wir Erdachse nennen und welche die Gelehrten sich als Begriff ausgedacht haben ...“

„Wenn doch die Gelehrten alles wissen, wozu brauchen sie sich eine Linie auszu-denken?“

Ja, wozu? Ich war überfragt und lenkte ab: „Also die Erde steht auf keinem Fuß, sie hängt und bewegt sich frei in der Luft, einem Ballon gleich, der ...“

„Was, wie ein Ballon? Aber bitte, der ist doch rot, gelb oder blau, hat eine Schnur und wenn man ihn anfaßt, zerplatzt er!“

„Richtig, sagen wir vielleicht besser: wie eine Orange ...“

„Die kann man mit einer Hand ergreifen, aufmachen und essen!“

„Ihr habt recht, all diese Vergleiche sind hinkend, die Erde ist ein wunderbar herrlicher Himmelskörper, der, von göttlichen Kräften gehalten und von Gottes vollkommenen Gesetzen getrieben, sich um sich selber und zugleich um die Sonne dreht!“

Ich meinte ersticken zu müssen unter dem Kreuzfeuer von Fragen, das sich nach dieser Behauptung über mich entlud. Nach einer Stunde der Erklärung, Argumente und Gegenargumente sagte ich bestimmt:

„Nun hört! Jahrhunderte vor euch haben die gelehrtesten und klügsten Männer der Welt dieses Problem studiert und durchdacht. Sie sind alle zu demselben Ergebnis gekommen: Die Erde ist rund, dreht sich um sich selber und um die Sonne. Wähnt ihr euch klüger als all diese Wissenschaftler?“

Vorwurfsvolle Augen! „Aber Schwester, wir fragen doch nicht, weil wir uns klüger vorkommen, sondern weil wir es nicht verstehen!“

Ach so! Mit erneuter Hingabe begann ich nochmals zu erklären, zu erläutern, zu beschreiben. Diesmal hielt sich auch der hartnäckigste Frager stumm und lauschte ergeben. Ich endete den Vortrag mit der Frage:

„Habt ihr das jetzt verstanden?“

„Ja!“

„Und glaubt ihr es?“

„Nein!“

Einem Überzeugten fällt es nicht schwer zu überzeugen, dachte ich und begann von neuem, und zwar mit solcher Überzeugung, bis auch der letzte Zweifler Beifall nickte.

Ach, sie sind dann ja immerhin so kultiviert, daß sie die Arbeit und Plage einer Person respektieren, die sich so endlos Mühe gibt, ihnen etwas beibringen zu wollen, und

so ließen sie sich endlich dahin überwinden, daß sie mir nicht mehr ihren offenen Zweifel spürbar nahebrachten. Als Siegerin verließ ich den erdrunden Kampfplatz.

Nach der Stunde meldete sich einer der Zuhörer privat. Er sah mich mit einem verständnisinnigen Lächeln an und sagte:

„Schwester, so ganz im Vertrauen, bitte, versteh mich recht, nur zu dir gesagt ... nicht wahr, du glaubst aber doch selber nicht, daß die Erde rund ist?“

Da stiegen in meinem geschlagenen Geist leise Zweifel auf! Ja, ist die Erde wirklich rund?

Welcher Lehrer kennt nicht Ähnliches? Das ist keineswegs nur afrikanisch⁵³.

Aber alles tritt hier offener und unverstellter zu Tage: Denn die Schüler, die Afrikaner, lassen sich noch nichts einreden, sie wollen noch verstehen. Und die Lehrerin offenbart Tugenden, wertvoller als Kenntnisse: sie gibt Vertrauen (denn sie läßt ausreden), und sie ist belehrbar.

8 Nachwort 1970

Die Fortschritte der Raumfahrt können uns in der Didaktik der Himmelskunde rückfällig werden lassen: Kinder, Lehrer, Eltern, sie denken vielleicht: „Argumente, wie sie hier vorgebracht werden, etwa zur Begründung der Kugelgestalt der Erde, sind heute bedeutungslos und verzögernd. Allenfalls historisch Interessierte finden sie reizvoll. Derartig primitive und mühsame Beobachtungen haben wir im 20. Jahrhundert nicht mehr nötig. Die Mondfahrer *sehen* die Erde als Kugel, und wir sehen sie auf dem Fernsehschirm mit.“ – Dem kann zustimmen, wer es für die wesentliche und einzige Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts hält, Richtigkeiten, auf die schnellste und rationellste Weise sichergestellt, mitzuteilen. Nun wird sich dieses Vorgehen für weite Strecken der Information auch nicht vermeiden lassen. Es rechtfertigt sich aber nur dann, wenn vorher oder daneben an einigen Stellen das erhellt wird, was bereits heute für die Mehrheit auch der sogenannten Gebildeten verdunkelt ist: Wie ist Naturwissenschaft überhaupt möglich?

Das kann nur einsehen, wer sie an einigen geeigneten Fragestellungen, zu der die Betrachtung der Natur uns herausfordert, wiederentdeckt. Er ist dann nicht nur mitgenommen auf Führungen, die nur vom Ergebnis her geplant werden können, sondern beim Gewährwerden rätselhafter Naturphänomene wird sein Nachdenken (seine Kreativität) herausgefordert, winzige Zeichen zu deuten, die zu Entdeckungen führen. Vergessen wir das, so führt der Fortschritt der Naturwissenschaft den Lernenden, bisweilen auch den Lehrenden, von dem fort, was Verstehen, Einsicht, Durchschauen ist. – So begründet sich das „genetische Prinzip“, das zugleich das „exemplarische“ ist.

⁵³ Auf einem Abreißkalender-Zettel des Jahres 1965 findet sich folgende Geschichte, die, vermutlich als Schulscherz oder „Kindermund“ gemeint, unsere astronomische Allgemein-Bildung überhaupt recht gut kennzeichnet: Fritzchen, sagt der Lehrer, nenne mir drei Beweise dafür, daß die Erde eine Kugel ist! – Fritzchen anfangs verdüstert über die Zumutung, gleich drei Argumente bereit zu haben, leuchtet plötzlich auf: Mein Papa sagt es, meine Mutti sagt es, und nun sagen Sie es *auch!*