

Die physikalischen Grundgedanken und ihre Nutzung im Unterricht

Autor(en): **Dessauer, Friedrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Schule**

Band (Jahr): **27 (1940)**

Heft 7

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-530854>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

10 Trinkregeln für Jugendwanderer

1. **Q u e l l w a s s e r**, aus der hohlen Hand getrunken, bildet immer noch den natürlichsten Labetrunk für den Fusswanderer. — Vieles Wassertrinken macht allerdings schlapp. — Daher fort mit dem ewigen Wasserlappen aus allen laufenden Brunnen! Ausspülen des Mundes und Benetzen des Gesichtes mit kaltem Wasser erfrischt auch!
2. **M i n e r a l w a s s e r** sind im allgemeinen zu teuer bezahlte Durstlöcher, Kohlensäure Kunstgetränke und Brauselimonaden Luxusartikel.
3. Wo **S ü s s m o s t** erhältlich ist, trinke man ihn gegen den Durst verdünnt und in kleinen Schlücken. Unvergorener Obstsaft stillt Hunger und Durst zugleich.
4. **K o n z e n t r i e r t e r O b s t s a f t**, **O b s t h o n i g**, **A p f e l k o n z e n t r a t**, mit der siebenfachen Menge Quellwasser vermischt, ersetzt bei Bergwanderungen den Süssmost in vorzüglicher Weise.
5. Getränke in Glasflaschen mitzuschleppen, wird heute immer mehr als Unsinn erkannt. Viel mehr Flüssigkeit bei gleicher Belastung enthält **f r i s c h e s O b s t**, wobei die Verpackung mitgegessen werden kann. Weiche Früchte in Blechschachteln im Rucksack tragen!
6. Anstelle von frischen Früchten tut **D ö r r o b s t** ausgezeichnete Dienste. Gründliches Kauen von gedörrten Zwetschgen, Birnen, Apfelschnitzen, Kirschen, Aprikosen verhütet den Durst und in Verbindung mit Nüssen auch den Hunger (Knabbersäcklein, „Studentenfutter“).
7. Eine gedörrte Frucht oder auch nur ein **z a r t e s G r a s h ä l m c h e n** (nicht scharfe Halme, die Schleimhäute verletzen und Krankheit bringen können) verhindern in wunderbarer Weise das Pappigwerden des Mundes.
8. Wo man auf unsern Alpen frische **K u h o d e r Z i e g e n m i l c h** bekommt, da genieße man sie in kleinen Mengen ruhig ungekocht, ohne Bazillenfurcht. Sie erlabt den ganzen Menschen.
9. **H e i s s e G e t r ä n k e** stillen im allgemeinen den Durst viel rascher als kalte, da sie nicht erst grosse Energiemengen verbrauchen, um sich auf die Höhe der Körpertemperatur zu erwärmen (Zitronlimonade, Milchkaffee, Tee mit Apfelkonzentrat).
10. **N i c h t z u v i e l t r i n k e n** auf Wanderungen! Man unterlasse das gedankenlose Hinunterstürzen von Flüssigkeiten jeder Art. Uebermässiges Trinken macht unlustig, erzeugt Schweissausbrüche und belastet den Körper unnötig. — Werde nicht der Sklave des Durstgefühls, sondern übe dich in der Selbstbeherrschung! A. E.

Mittelschule

Die physikalischen Grundgedanken und ihre Nutzung im Unterricht

I.

Wenn ich am Schlusse eines Studienjahres manchmal überlege, was von dem vorgetragenen physikalischen Lehrstoff wohl als eigener Besitz von den Studenten mitgenommen wird, was davon in deren Leben wirksam sein wird, — so scheint mir die Antwort nicht ganz einfach zu sein. Viele Studenten studie-

ren, wie man zu sagen pflegt, **a u f d a s E x a m e n**. Dieses unmittelbare Ziel verdrängt in ihrem Bewusstsein stark den tieferen Sinn des Studiums. Und es ist betrüblich, wenn es bei dieser Einstellung bleibt. Es gibt einzelne, die nach bestandenen Examen leichten Sinnes vergessen, d. h. auf den mit mancher Mühe erworbenen Besitz

verzichten wollen. Gewiss, das Examen muss überstanden werden — es gibt keine menschliche Einrichtung zur Auslese, die diese Form der Fähigkeitsprüfung (so mangelhaft sie auch ist) bis jetzt ersetzen kann. Aber es ist Mittel, nicht Ziel.

In der Physik ist es nun so, dass die Mehrzahl der Zuhörer nicht bei ihr bleiben, sondern sie als einleitenden Lehrgang, als ein Grundfach für ihr Studium — etwa für das Medizinstudium — durchlaufen müssen. Für diese Hörer gibt es in der Physik eine Reihe von Stoffgebieten, die für den kommenden Beruf unmittelbar wichtig sind, wie etwa die Lehre vom Licht, von den Röntgenstrahlen, von der Physik der Atmosphäre und des Klimas, um nur einige von sehr zahlreichen Beispielen zu nennen. Es ist die heutige Medizin zu einem sehr grossen Teile angewandte Physik, d. h. auf Physik gegründet. Dabei handelt es sich offensichtlich um einen praktischen Berufsnutzen. Und insofern ist die Antwort klar.

Es gibt darüber eine zweite Antwort: von bleibendem Wert soll auch der Bildungsnutzen sein. Der Mensch im akademischen Beruf soll Einsicht haben in die grossen Zusammenhänge der Welt, nicht nur in das, was er unmittelbar als sein Geschäft betreibt. Die Physik vermittelt solche Einsicht vom Lauf der Planeten bis zum Bau der Atome. Nicht verengte Geister erwerben ein allgemeines Bildungsgut und suchen, es in grossen Zügen zu bewahren, fähig zu werden, an der weiteren Entfaltung teilzunehmen.

Aber es gibt noch mehr. Grösser als diese beiden Gewinne aus dem Studium kann der Zuwachs an formaler Geistesbildung sein, der Schulungs- und Erziehungsgewinn. Physik ist eine strenge Herrin. Hier gibt es kein Ausweichen; das Ungefähre gilt nicht. Genauigkeit des Schliessens, Exaktheit des Ausdrucks, dauernde Selbstkontrolle, völlige Hingeebenheit an den Gegenstand gehören zu ihr. Das Gedächtnis tritt gegenüber der Denkkraft zurück. Das Auswendiggelernte verfängt nicht, man muss

erkennen und schliessen. Dass es für jeden akademischen Beruf von hohem Wert ist, Denkkraft und Denkdisziplin zu entfalten, — darüber ist kein Zweifel.

Und dennoch möchte ich einen anderen Gewinn noch höher schätzen, den allerdings nicht alle Studierenden bewusst erstreben und den überdies viele nicht, oder nur in geringem Grade erzielen. Es handelt sich um etwas, was die ganze menschliche Natur angeht. Und dies heisst ja etwas, was über das Irdische hinausgeht. Ueber der Erkenntnis steht Einsicht, und über dem Verstande steht Weisheit. Jenseits der vielgestaltigen Phänomene der Physik stehen die Wirkungsgesetze. Aber hinter den Wirkungsgesetzen, in der Tiefe, entschleiern sich letzte Zusammenhänge, die dem Geist in jahrhundertelangem Mühen sich nur allmählich offenbaren. Ihnen näher zu kommen heisst, einer Ahnung vom ewigen Plan des Schöpfers, von der Struktur seines Kosmos teilhaft werden, so in die Vorhalle des Göttlichen selbst eintreten. Wer dies ganz erleben kann, ist nachher verwandelt. Aber dazu gehören Jahre. Doch, manchmal ist es möglich, einen Hauch davon in die aufnahmefähige jugendliche Seele des Studenten zu tragen. Hat ihn einmal oder das andere Mal der heilige Schauer der tiefen Weisheit und Schönheit des göttlichen Werkes erfasst, dann mag es wohl sein, dass die Seele im Laufe des Lebens davon eine Bereitschaft behält und so irgend einmal etwas in ihr aufersteht, lebendig wird und sogar entscheidet. Gelingt dies, dann ist es der grösste Gewinn, der im Laufe eines Studienjahres erworben werden kann.

II.

Es ist 500 Jahre her, dass ein seltsamer Mann, Nikolaus Krebs, Sohn eines Fischers an der Mosel, in Cues bei Trier, einen revolutionären und gewaltig fruchtbaren Gedanken hatte. Man liess den kleinen Niklas wegen seiner Talente studieren. Er wurde zuerst Advokat, dann Theologe und Pfarrer in Sankt Wendel. Dann kam er

als bischöflicher Erzdiakon nach Lüttich, und bald darauf war er ein weltberühmter Mann, der im Alter von 47 Jahren den Purpur des Kardinals empfing. Angeregt durch seinen ärztlichen Freund Toscanelli in Florenz, der als Astronom und Mathematiker hervorragte, kreiste das Denken des Nikolaus Cusanus, wie man ihn heute ganz allgemein nennt, um zwei Probleme: das Verhältnis von Gott zur Welt und das Wesen und die Aufgabe des Erkennens. Er liebte die Mathematik, weil er in ihr die Wahrheit in grösserer Sicherheit zu finden glaubte als in anderen Wissenschaften. Er erweckte lang vergessene Vorstellungen der Klassiker wieder zum Leben. Sein emsiges Forschen und Sinnen über die Beziehung von Gott zur Welt machte ihn zum Vorläufer des Kopernikus. Er wagte als Erster seit Jahrhunderten zu sagen: die Erde sei ein Stern wie alle anderen, empfangen Licht, Wärme von anderen Gestirnen, sei kleiner als die Sonne und grösser als der Mond. Er erkannte ihre Gestalt als rund, wenn auch nicht streng kugelförmig, und die Idee der Antipoden machte ihm keine Sorge. Er wollte die Scheidewand zwischen Erde und Himmelsgewölbe niederreissen, die im allgemeinen Denken seiner Zeit als gesicherte, „selbstverständliche“ Tatsache zu bestehen schien. Die Erde ist ihm nicht die „Feste“ im Mittelpunkt des Alls, sondern nur ein kleiner Teil des Ganzen. „Terra non potest esse fixa, sed movetur ut aliae stellae.“ In seiner „Docta ignorantia“ formuliert er die Relativität jeder Bewegung in bezug auf den Standort, behandelt die Fernwirkung der Kraft, nimmt die später durch Galilei weltberühmt gewordene Zeitmessung der Fallversuche vorweg.

III.

Hundert Jahre später wagte sich, lange zurückgehalten, nur zögernd, das entscheidende Werk des Domherrn Nikolaus Kopernikus ans Licht. Seltsam — die Vorarbeit des Nikolaus Cusanus scheint ihm unbekannt geblieben zu sein. Er knüpfte an

alte Autoren, an Nicetus (bei Cicero), an die Pythagoräer Philolaos und Ekphantos und an Heraklit an. Aber auch sein Anliegen war die göttliche Ordnung des Weltalls. Die Bahnen der Gestirne sind Kreise. Wie sollte bei der unermesslich grossen Distanz der Himmelskörper von der Erde sich das gewaltige Universum mit rasender Geschwindigkeit um die winzig kleine Erde drehen? Auch von anderen Planeten nahm er an, dass sie wie die Erde um die Sonne kreisen. Aber so wunderbar einfach das Sonnensystem in dieser Deutung wurde, — die Konzeption stimmte nur in einer ersten Annäherung. Die Unregelmässigkeiten der Planetenbahnen waren nicht zu deuten und die rechnerischen Konsequenzen der Kreisbahnen stimmten nur ungenau mit den Bahnbeobachtungen überein. Abermals musste ein Menschenalter verstreichen, bis ein ganz grosser Geist und Meister dem Geheimnis näher dringt. Auch er kommt aus der Sphäre der Theologie; seine Seele glüht von Gottesverehrung, und seine Leitidee ist im Anfang die vollendete, göttliche Ordnung, ausgedrückt in den klarsten geometrischen Gebilden. Ganz langsam wandelt sich bei Johannes Kepler dieser Grundgedanke eines harmonischen, mathematischen Weltbildes in den Gedanken einer Himmelsphysik, einer Himmelmechanik.

Wenn wir jetzt in späterer Rückschau das dramatische Leben dieses Geistesriesen verfolgen, erscheint uns vieles darin providentiell. So, dass dieser arme, schwächliche Knabe aus einer bedürftigen, zerrissenen Familie in Tübingen auf Staatskosten studieren konnte und neben seinem Berufsfach Theologie sich in tiefster Ergriffenheit der Astronomie und Mathematik zuwandte, bis ihn das Schicksal nach Graz führte. Von da verscheuchte ihn die Gegenreformation zu Tycho Brahe nach Prag. Furchtbar der zerreissende Lebenskampf, das Wegsterben seiner Kinder und seiner Frau. Je mehr das Irdische um ihn zerfällt, desto mehr flieht sein Geist in die Tiefe der Weltordnung, wie sie der Lauf der

Sterne offenbart. In Prag hilft ihm der Schweizer Jost Bürgi, der Erfinder des Logarithmus. Und in Prag erscheint 1609 seine „Nova Astronomia“. 70mal hat er die mühseligen Rechnungen des Planetenumlaufs nach der Theorie der Kreisbahn durchgeführt und immer wieder die kleinen, aber entscheidenden Widersprüche mit Tycho Brahes und eigenen Beobachtungen festgestellt, bis in einer der gnadenvollen Nächte die elliptische Bahn und damit der Schlüssel zum Geheimnis des Sonnensystems gefunden wird. War er ausgezogen, Gott in der Schöpfung zu begreifen, — so war ihm, nachdem er begriffen, das eigene Werk nichts anderes als unermesslicher Ruhm des göttlichen Werkes. Diese Treue behielt er bei, wie auch immer das Schicksal, das ihn nie verschonen wollte, weiterhin drängte. Von Prag durch Unruhen und Wirtschaftsnot verschlagen, fristete er am Gymnasium in Linz ein armes Dasein, von Feindschaft umringt, musste er von da wieder fliehen zum Kaiser, dann zu Wallenstein. Und nach dessen Sturz klopfte Hunger und Durst wieder an seine Pforte. Er starb buchstäblich im Kampfe ums tägliche Brot für die Seinen, ausgebrannt von theologischer Inbrunst und glühender Forschersehnsucht, wissend (was er oft wiederholte), dass sein Werk nicht für seine Zeit, sondern vielleicht für die kommenden Jahrhunderte wirksam werde.

Man versteht heute die Schwierigkeiten nicht mehr, vor denen Kepler stand. Es war damals durchaus nicht Ansicht der Zeitgenossen, dass der Naturablauf und gar der Weg der Sterne gesetzlich sei. Die Zuversicht einer solchen strengen, harmonischen Ordnung war bei Kepler eine religiöse Zuversicht. Aber von da zur Sicherheit zu kommen, war ein weiter Weg! Dass ihm das gewaltige und mustergültige Material der Beobachtungen Tycho Brahes zur Verfügung stand, war sicher eine Fügung. Aber wohl kein anderer Geist seiner Zeit hätte aus diesem gehäuften Material an Beobachtungsdaten die Grundgesetze der Himmelsmecha-

nik geschält. Denn, wer kann sagen, wo ein Planet zu irgendeiner Zeit ist? Die Beobachtung zeigt uns nur die Richtung des Sehstrahls von der Erde auf den Hintergrund des Fixsternhimmels. Wenn nun die Erde selbst, wie Kopernikus lehrte, und Kepler annahm, in Bewegung ist, jede Beobachtungsnacht an einem anderen Orte steht, und der beobachtete Planet gleichfalls, — wie kann man dann seine Bahn bestimmen? Kepler musste also zuerst die Bewegungsbahn der Erde selbst ergründen. Aber auch dies schien unlösbar, da es keine Bezugslinie im Sonnensystem gibt. Wie sein Genius diese Schwierigkeit überwand und den fehlenden festen Punkt der Triangulation ermittelte, das ist eines der schönsten Beispiele naturforscherrischen Denkens, die es überhaupt gibt. Man kann es den Schülern höherer Klassen auch ohne schwierige Rechnungen klar machen. Kurzum, er gewann die Erdbahn, und auf Grund der Erdbahn die Bahn der anderen Planeten in jahrzehntelanger, mühseliger Arbeit. Er fand die drei Gesetze der Himmelsmechanik und war bis in die letzte Faser erschüttert in Ehrfurcht vor der göttlichen Harmonie des Weltalls. Die Mathematiker der Vorzeit hatten die einfachsten Linien gesucht und gefunden: Gerade, Kreis, Parabel, Ellipse, Hyperbel. Nun gehen die Himmelskörper streng nach diesen Linien, und alle Schwierigkeiten, wie die Rückläufigkeit der Planeten, sind erklärt. Die Sternenwelt enthüllt sich, wie er selbst einmal schreibt, als eine Art von Uhrwerk. Es gibt eine Physik des Himmels! Und auch die Ahnung fasst ihn, dass Kräfte die freischwebenden Sterne im All in ihren Bahnen halten, dass dies anziehende Kräfte sind, und wohl dieselben, die Ebbe und Flut erzeugen. Aber zugleich mit diesen Visionen ergreift ihn, wie jeden Grossen, der Schmerz der Einsamkeit unter den Zeitgenossen. —

Kepler hat seine Grabschrift selbst verfasst:

„Mensus eram coelos —
nunc terrae metior umbras;

Mens coelestis erat —
corporis umbra iacet."

Wir können das vielleicht folgendermassen übersetzen:

„Einst mass ich himmlischen Raum,
Nun mess' ich die Schatten der Erde;
Dem Himmel gehörte mein Geist,
Hier ruht als Schatten mein Leib."

IV.

Wieder verstreichen Jahre, freilich nicht leer, sondern von reichen Mühen um Naturerkenntnis erfüllt. Dieses Mühen wird heute nicht so sehr an den Namen von Johannes Kepler, als an den von Galileo Galilei geknüpft. In einem früheren Aufsatz in dieser Zeitschrift habe ich eine Darstellung versucht, wie man etwa dem Schüler höherer Klassen die Wandlung von der Physik der Erscheinungen zur Physik der Wirkungen von Galilei her klar machen könnte. Die Galileische Schule eroberte rasch die damalige gelehrte Welt. Man suchte und fand gesetzmässige Einzelverläufe; die Ereignisse der anorganischen Natur, nicht nur in den Planetenbahnen, sondern auch im Lauf des irdischen Tagwerkes, zeigten sich als streng kausal, und zwar im physikalischen Sinne kausal, das heisst quantitativ und qualitativ, in ihrem „hic et nunc" eindeutig aus vorangehenden Ursachen ableitbar, voraussagbar, wiederholbar. Was es aber nicht gab, war ein geschlossenes Bild, wir Heutige sagen, ein einheitliches System all dieses tausendfältigen Wirkungsgeschehens am Sternenhimmel und auf Erden. Es war die Frage: gibt es eine umfassende, möglichst einfache, einheitliche Grundregel, aus der die tausend Wirkungsgesetze der Erfahrungswelt hervorgehen, in der die Keplergesetze eingefangen sind, und der fallende Stein, der wehende Wind, das fahrende Schiff, das rollende Rad, die Axt und der Hammer, der Pfeil und die Kraft des Pulvers? Eine ungeheure Frage, ebenso schwer und ebenso gewaltig wie die, vor der Kepler gestanden hat. Der Geist der sie löste, wohnte in I s a a k N e w t o n .

Auch dies war ein vom Göttlichen, vom Theologischen her bewegter Geist. Wer weiss heute noch, dass er ebensoviele, wenn nicht noch mehr theologische Werke schrieb als physikalische, dass er sich ebensoviele Jahre der Gotteserkenntnis widmete, wie der Erkenntnis der göttlichen Schöpfung?

Von Galilei übernahm er die Konzeption der „Beharrung" oder „Trägheit" der Materie, von den Alten einen vorläufigen Begriff der Kraft. Ihnen waren ja bereits die Kräfte aus der Statik bekannt. Galilei war weiter gekommen und hatte gefunden, wie sich der Angriff einer gleichförmigen Kraft beim freien Fall der Körper auswirkt. Wie aber sollte man die „Beharrung" der Materie mit der statischen Kraftvorstellung und der Beschleunigung im freien Falle verknüpfen? Selbst die Mathematik der damaligen Zeit konnte das nicht leisten. Newton musste die Differentialrechnung erfinden, und mit ihrer Hilfe einen zweimaligen Grenzübergang vollziehen, um zunächst von Raum und Zeit auf Geschwindigkeit und Bewegungsgrösse, und dann von der Bewegungsgrösse wiederum auf das eine der beiden charakteristischen Masse der Kraft, die „Beschleunigung" zu gelangen. Diese Gedankenarbeit ist Höchstleistung eines Genies. Uns Spätgeborenen erscheint sie durch die Gewohnheit erleichtert.

Aber damit hatte Newton die Lösung noch nicht; er musste die Ursache der Bewegungen finden, oder besser, die Ursache der Beschleunigung, d. h. dessen, was die „Beharrung" der Materie überwindet. Und er erkannte, dass es wiederum die Materie selbst ist, von der die Einwirkung ausgeht. Das Geschehen beginnt bei der Masse, endet bei der Masse; was dazwischen ist, heisst Kraft, und was die Kraft tut, heisst Aenderung der Bewegungsgrösse, das ist Beschleunigung. Dies zusammen erst ergibt das Newton'sche Weltbild in seiner eindrucksvollen Geschlossenheit. Masse ist nicht mehr ein vielfältig zu Beschreibendes; Diskussion über Ausdehnung, Teilbarkeit und dergleichen

fällt fort. Das unerschütterliche, untrügliche Kriterium der Masse ist die Galileische „Beharrung“. Sie setzt der Aenderung des Bewegungszustandes (darin eingeschlossen die Ruhe) den Trägheitswiderstand entgegen. Darum lässt Masse sich durch „Massepunkt“ repräsentieren. Die Grösse dieses Trägheitswiderstandes ist das Mass der Masse. Es genügt für die Mechanik, und damit für ein gewaltiges Gebiet der Physik, diese „Beharrung“ als das physikalische Wesenhafte der Masse beizubehalten. Man braucht sonst nichts. Und diese selbe Masse ist zugleich Ursache der beschleunigenden Kräfte (Gravitation). Die Kraft, die irgend eine Masse erfasst und beschleunigt, ist geliefert von allen Massen der umgebenden Welt. Dabei kommt exakt heraus, was bisher beschrieben wurde: die Bahnen der Planeten und Kometen bis in die feinsten Einzelheiten, Ebbe und Flut, Bewegungen der Erdachse, der Fall der Körper, schliesslich die ganze Mechanik.

Hatte Kepler gesehen, wie die Planetenbahnen beschaffen sind in Raum und Zeit, hatte er g e a h n t, dass anziehende Kräfte diese Bahnen hervorrufen, so gab Newton nun das W i s s e n hievon. Der gesamte elliptische Weg mit seinen wechselnden Geschwindigkeiten und Radiusvektoren ist in jedem Augenblick durch die Kraft zwischen Sonne und Planet erzwungen. Um von der gesamten Bahn als Erscheinung — in Tausenden von Beobachtungen kontrolliert und dadurch erst gesichert — auf das Kraftgesetz der Bahn zu schliessen, musste Newton die Differentialrechnung erfinden, das heisst die Methode, mathematisch-quantitativ aus den Bildern gesamtgesetzlicher Abläufe (integraler Abläufe) auf das in jedem Augenblick wirksame (differentiale) Kraftgesetz überzugehen.

Die Newton'sche Konzeption beherrschte bis gegen das Ende des vergangenen Jahrhunderts die Physik. Ihre Fruchtbarkeit war unermesslich. Schier alles liess sich daraus ableiten und darauf zurückführen. Freilich, das Kraftgesetz musste erweitert werden.

Newton selbst noch versuchte — und auch hierin folgte man ihm fast ein Jahrhundert — die Erscheinungen des Lichtes auf diese Weise zu deuten. Das hatte allerdings Schwierigkeiten. Die Lichtteilchen zeigten keine merkbare Trägheit, und die Kräfte, welche sie in ihre Bahn jagten, waren verschleiert. Dagegen wurde es offenbar, dass die ganze Wärmelehre auf Newton'scher Basis erklärt werden konnte, die Struktur der Gase und ihre Eigenschaften, vieles in der Struktur der Flüssigkeiten und der festen Körper, der Schall. Als schliesslich gar Coulomb ein magnetisches und ein elektrisches Grundgesetz entdeckte, die beide genau die Züge des Newton-Gesetzes der Anziehung zwischen Massen trugen, war der Sieg unermesslich. Nicht e i n, nein, d a s Grundgeheimnis der Physik schien entschleiert. — Aber es war nicht so.

Dass es nicht so war, hat Newton deutlicher gespürt als die Welt nach ihm. Er erkannte und sagte es auch, dass ausser den Massen (in ihrer doppelten Weise als Trägheit und Sitz der bewegenden Kräfte), den räumlichen und zeitlichen Dimensionen, noch eine Realität in das Geschehen hereinspielen müsse. Diese Vermutung führte ihn zu dem berühmten Versuch mit dem rotierenden Wassereimer, wobei das Wasser seitlich an den Wänden des Eimers emporsteigt, und zwar im Maßstab der Rotation, und somit nicht in der Richtung von Kräften, die von Massen austreten. Newton wurde erfüllt von der Ahnung eines noch tieferen Geheimnisses: dass der Raum selber eine eigene Realität habe. Doch er machte halt, bewusst hier sich beschränkend, wie er es auch an anderen Stellen tat. Er sagte auch nichts über den als zeitlos angenommenen Angriff der Kräfte zwischen den Massen durch den Raum hindurch. Und er liess offen die rätselhafte Erscheinung, dass die Quantität der „Beharrung“ („Trägheit“) einer Masse ganz gleich gross wie die Quantität der Anziehung einer Masse sei, obwohl es sich doch um zwei grundverschiedene Offenbarungen handelte.

Was also einer Beschleunigung doppelten Widerstand entgegengesetzte, das äusserte im Gravitationsfeld auch die doppelte Gewichtskraft. Man nahm diese Tatsachen hin, die man nicht deuten konnte bis zur nächsten grossen Schicksalsstunde der Physik. — —

Bevor diese Stunde schlug, ereignete sich im Raume der Naturforschung sehr vieles. Die Möglichkeit, nunmehr auf einer sicheren Basis (der Newton-Welt) aufzubauen und von ihr in die verschiedenen Erscheinungsgebiete einzudringen, war ungemein befruchtend. Naturwissenschaft war nicht mehr eine Fülle von Einzelheiten, sondern war ein organischer Bau, von einheitlicher Gesetzmässigkeit erfüllt, die alle Einzelheiten durchdrang. Die Newton'sche mechanische Konzeption liess sich auf alle Bewegungsformen anwenden: die Translation, die Rotation und die Schwingung. Mit ihr konnte man in die Aggregationszustände eindringen, sie ergab die Gesetze der starren und der elastischen Körper. Der Schweizer Daniel Bernoulli benutzte sie, um das Strömen der Flüssigkeiten und die Natur der Gase zu ergründen. Was Newton schon begonnen hatte, sie auf die akustischen Ereignisse anzuwenden, gelang den Nachfolgern immer vollkommener. Die Wärme enthüllte sich als molekulare Bewegung, gleichfalls den Newton-Gesetzen gehorchend. Die Theorie gelangte zu dem überaus fruchtbaren Begriff der Energie, zum Fundamentalgesetz ihrer Erhaltung und — immer noch im Anschluss an Newton — zu dem Richtungsgesetz der Entropie. Auch die

Chemie erhielt starken Antrieb, und es schien, als ob auch die Ereignisse der Elektrizität und des Magnetismus sich einfügten. All das war ein Siegeszug ohnegleichen, und dennoch war der Glanz der Newton-Zeit in der Physik nicht grösser als ihre Auswirkung in den Entdeckungen der *T e c h n i k*. Die Kulturwelt wurde mit neuen machtvollen Geräten überzogen. Die Dampfmaschine begann ihren Siegeslauf. Fernrohr und Mikroskop erschlossen neue Welten. Die ersten Luftfahrzeuge stiegen auf, von heisser Luft oder Wasserstoffgas emporgetragen. Apparate und Maschinen funktionierten; die Sterne vollzogen auf Sekunden genau die vorausgerechneten Bewegungen. Mond- und Sonnenfinsternis stellten sich zu vorausgesagten Zeiten ein. Ein Gefühl des sicheren Wissens und darauf gegründeten zuverlässigen Besitzes bemächtigte sich der Generation, und dies wirkte sich aus in all den Emanzipationsbestrebungen der Zeit, wie sie uns aus der Geschichte bekannt sind. Aber der Tag nahte heran, den Newton geahnt hatte, an dem sich der geheimnisvolle Mitspieler im physikalischen Geschehen zeigen sollte. Er war immer dabei gewesen beim physikalischen Ablauf, aber verborgen. Sobald er aber deutlich in die Erscheinung trat, übernahm er die Führung. Das aber bedeutete die Eröffnung des Zugangs zu neuen wunderbaren Gründen der Schöpfungswelt und zu neuen Entfaltungsräumen der menschlichen Wirkung.

Freiburg.

Friedrich Dessauer.

(Fortsetzung folgt.)

Lehrerin und weibliche Erziehung

Verein katholischer Lehrerinnen der Schweiz

Protokoll

der Sitzung des weitem Vorstandes
vom 26. Mai 1940 um 13 Uhr in Zürich.

Traktanden:

1. Protokoll vom 12. Juli 1939 mit anschliessen-

dem Bericht der Zentralpräsidentin über die seitherige Arbeit.

2. Vorbereitung: a) der Ferienwoche; b) der Delegierten- und Generalversammlung mit Vorstandswahl; c) des goldenen Vereinsjubiläums.