Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Mathématique et physique = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Mathematik und Physik

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 5 (1929-1943)

Heft: 2: Der Fall Galilei und wir

Artikel: Der Fall Galilei und wir

Autor: Dessauer, Friedrich

Kapitel: VI: Der Physiker und sein neues Denken

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-306918

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 01.08.2025

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

VI. Der Physiker und sein neues Denken

So schien Galilei geschlagen und das neue Weltsystem vertilgt; er selbst fühlte sich besiegt und schmachbedeckt, gescheitert! Indessen wie oft widerspricht die innere Logik des Geistigen der äußeren Folge der Ereignisse! Aus tiefer Depression, durch Piccolominis Tröstung langsam erwachend, am Ende des Jahres durch die Erlaubnis, die weitere Haft in seinem eigenen Heim in Arcetri, in der Nähe des Klosters seiner Tochter zu verbringen, erleichtert, wandte er sich der *Physik* wieder zu, seinem Hauptgebiet, und schrieb das große Meisterwerk seines Lebens, das erste systematisch-mathematische »Lehrbuch der Physik« (wie es der Nobelpreisträger v. Laue am 300. Jahresgedächtnis seines Erscheinens 1938 genannt hat), »Discorsi e dimonstrazioni mathematiche intorno à due nuove science attenanti alla Mecanica ei Movimente Locali«. Es erschien in Leyden in Holland. Der überwachte Meister hatte seinen ehemaligen Schüler Graf Noailles, französischer Botschafter beim Vatikan, auf der Durchreise kurz sprechen dürfen und ihm das Werk mit einer Widmung an ihn anvertraut. Wieder kommen Salviati, Sagredo und Simplicio zusammen und besprechen in vier — dann in den späteren ergänzten Ausgaben in sechs — Tagen ein überreiches Programm physikalischer Probleme. Alles was er in seinem langen Leben — er ist 74 Jahre alt — physikalisch gedacht, gerechnet, mit unendlicher Geduld experimentell geprüft, gemessen, von seinen Jugendjahren, den ersten zaghaften Zweifeln an der Tradition, bis jetzt, wird nun geordnet aufgebaut, in scharfsinnig mathematischer Sprachweise gewissenhaft

dargelegt. Gewiß, das Mittel der heutigen Analysis, das so vieles erleichtert, stand ihm noch nicht zur Verfügung. Denn erst fünfzig Jahre nach Galileis Tode hat — um Beispiele zu nennen — Johann Bernoulli die Exponentialfunktion gebracht, noch später Euler sie ausgebaut; der Logarithmus — von Bürgi und Napier in Galileis Zeiten entdeckt — war noch nicht Gemeingut. Vor allem aber fehlte der wichtigste Schlüssel, physikalische Größen in mathematische Gleichungen durch richtig gewählte Symbole einzuordnen. Oft verwendet er daher Geometrie, und wo wir Heutigen in einigen Zeilen analytisch zur Klarheit des Resultates und der Darstellung kommen, muß er lange (aber exakte) Ausführungen machen, weil er auf die Methode der Proportionen angewiesen ist.

Neben vielen — auch mathematisch-theoretischen — Einzelheiten handelt es sich um zwei Hauptthemen: Festigkeitslehre und Bewegungslehre (Dynamik). Seine wichtigen Ergebnisse, experimentell gesichert, sind zumeist im Gegensatz zu Aristoteles, dem er aber an mehreren Stellen ausdrücklich Gerechtigkeit widerfahren läßt. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, auch nur die wichtigsten aufzuzählen. Noch heute bietet die Lektüre der »Discorsi«, die durch die deutsche Uebersetzung und den ausgezeichneten Kommentar Arthur von Oettingens (Oswald, Klassiker, Nr. 11, 24, 25) leicht zugänglich sind, für den Physiker eine Fülle von Anregungen [1].

Worauf es vielmehr hier ankommt, ist die *neue und erfolgreiche Einstellung des forschenden Menschen zur Natur.* Diese neue *Haltung* und die daraus notwendig hervorgehende Methode ist *das* große Ergebnis der Renaissance; oft zu wenig gewürdigt von der traditionellen Geschichtsschreibung,

---

[1] Immerhin sei hinsichtlich der Gespräche des ersten Tages — über die Festigkeitslehre — bemerkt, daß sie die grundsätzliche Erkenntnis deutlich enthalten: Körperliche Gebilde lassen sich nie aus der stofflichen Struktur allein verstehen. Sie besitzen stets eine konstituierende Kräftestruktur. Das ist ein wesentlicher Schritt zum Verständnis ihrer Art und ihres Verhaltens.

die zu sehr Kunstschaffen und Ereignisgeschichte dieser Epoche betont, übertrifft diese Geisteswende, der neue Erkenntnisweg, in seinen Folgen an Bedeutung für das Menschengeschlecht alles andere — Glänzendes und Erbärmliches — dieser Zeit bei weitem. Wir sind alle heute — auch die Widerstrebenden unter uns — im Banne dieses neuen Denkens; freilich, wir wissen es nicht, weil es durch Gewöhnung »selbstverständlich« geworden ist. Erst, wenn wir es mit dem Damaligen konfrontieren, geht uns die Größe dieses Umsturzes auf. Dann erst dämmert uns die Erkenntnis von den ganz ungeheuern Konsequenzen, die für Mensch und Gesellschaft, für Forschung und Erziehung, für soziale Ordnung und Politik, für Wirtschaft und Verkehr, für Zivilisation und Kultur, für Religion und Kirche — für die ganze Breite und Tiefe menschlicher »Existenz« (im modernen Sinn dieses Wortes) aus der galileischen Wende hervorgehen.

Ist das nicht zuviel behauptet? Wir wollen sehen! Jedoch, zunächst — worin besteht das *neue Denken*, dem wir — nicht nur, jedoch besonders deutlich — in Galileis Discorsi begegnen?

Wenn Aristoteles — wenn irgendein Geist der alten Zeit oder ein unbeschriebener von unseren Tagen — es unternimmt, die Sinnenwelt, die Natur zu ergründen, worauf wird seine Aufmerksamkeit sich lenken, was wird er zunächst als Naturwelt meinen? Das, worauf sein Auge fällt, wovon Ohr, Tastsinn, Geschmack, Geruch ihm Nachricht geben. Die *Dinge* der Natur werden es sein; von den Sternen bis zum Staubkorn, vom Berg zum Meer, vom Vogel zum Wurm, vom Oelbaum zum Grashalm bietet sich Natur in ihren *Körpern*. Sie erfüllen den Raum — ja (bei Aristoteles), sie machen ihn aus durch ihre Grenzen. So kommt er wohl zum Schluß: Naturforschung, Physik als Philosophie, die nach den letzten Gründen zielt, hat als Gegenstand die Gesamtheit des Körperlichen, Bewegten. Denn alle Eigenwesen — Substanzen — der Natur sind Körper oder doch mit Körpern verknüpft.

So bildet, heißt dann der Schluß, die Körperwelt den wesentlichen Gegenstand der Naturphilosophie. Jedoch — es gibt auch andere Körper: mathematische und solche, die von menschlicher Kunstfertigkeit herstammen. Die sind nicht gemeint. Wie trennt man sie ab? Nun, das Mathematische ist ewig unbewegt, *unverändert*, würden wir heute sagen. Das Natürliche ist in — wenn auch manchmal durch Langsamkeit verborgener Weise — bewegt, denn insoweit hat Heraklit Recht, die irdischen Dinge ändern sich alle. Und das durch menschliche Kunst Hergestellte, das Haus, das Gerät, die Waffe, die Flöte? Das natürliche Ding hat die Ursache der Bewegung (Aenderung) in sich. Aus *eigener* Anlage entwächst dem Samen die Pflanze, fällt durch *seine* Schwere der Stein zur Erde. Aber *fremde*, äußere Kraft läßt den Pfeil aus dem Bogen, den Ton aus der Flöte entschweben, schwingt den Hammer zum Amboß, errichtet und handhabt das Haus. Somit scheint dieses klar: Naturerkenntnis hat als Gegenstand die körperlichen, beweglichen (veränderlichen) Naturdinge, die in eigener Anlage die Kraft der Aenderung (Bewegung) in sich tragen.

Wenn das so ist — und wer unvoreingenommen hinschaut, findet dies plausibel —, dann gilt es, dem Naturding auf den Grund zu gehen. Erfassen wir dessen eigentliches Wesen, dann ist der Hauptschlüssel für alles Naturgeschehen in unseren Händen. Denn das Wesen des Naturdings trägt ja das Gesetz seiner Bewegung, das ist seines Werdens und Vergehens (Verwandlung), in sich.

Somit ist die Grundhaltung zum *Wesen* der natürlichen, körperlichen Substanzen gerichtet, deren Gesamtheit die Welt auszumachen scheint. Das Gesetz des Fallens zur Erde — Gravitation sagen wir jetzt — liegt im Wesen der zur Tiefe strebenden Dinge. Der schwere Stein fällt aus *seinem Wesen* — und darum schneller als die leichtere Schneeflocke oder das dürre Blatt vom herbstlichen Baum. Es ist die Wesensart des Schweren, nach unten zu streben, destomehr, je schwerer

es ist; (das Unten ist sein natürlicher Ort); des Leichten, nach oben zu steigen, wie Luft und Feuer (denn ihr natürlicher Ort ist oben [2]). Und gibt der Augenschein nicht täglich dieser Auffassung Recht?

Man muß zugeben, dies scheint ein verständiger Ausgang, an die große Frage heranzugehen. Ein Naturforscher mit heutigem Denkhabitus (jedoch ohne heutiges Wissen) würde sagen: man kann es von hier aus probieren; sehen, wie weit man kommt. Aber davon waren die Alten weit entfernt. Sie hatten — mehr unbewußt vielleicht als bewußt — ein felsenfestes Vertrauen auf die Sicherheit des gegenständlichen Denkens, des Erkennens. Und zumal die Peripatetiker hatten dieses Vertrauen, war doch ihr Meister der Schöpfer des Erkenntniswerkzeugs, der Logik — eine Tat, die wir Heutigen nutzen und ihm danken müssen.

Jedenfalls, dieser Versuch wurde gemacht — fast zwei Jahrtausende lang. Und er ist gescheitert, was niemand vorher sicher wissen konnte. In Galileis Geist und durch ihn wird dies endlich völlig klar. Wieso? Weil die Natur selbst geantwortet hat. Man hatte früher versäumt, sie zu fragen. Zu fragen, ob sie so sei, wie Aristoteles dachte. Jetzt hat man

---

[2] Aristoteles mußte auch äußere Kräfte annehmen. Denn die natürlichen beweglichen Körper sind aus den Elementen (des Empedokles): Erde, Wasser, Luft, Feuer zusammengesetzt. Diese Elemente würden aber an ihren »natürlichen« Ort gehen, also nach entgegengesetzten Richtungen auseinanderwandern, weil dies ihrer eigenen Natur entspricht. Um diese Trennung — die doch nicht stattfindet — aber nach seinen Grundannahmen eintreten müßte — zu vermeiden, braucht er äußere Kräfte. Er denkt sich, daß durch die Bewegung der Sphären mit ihren Himmelskörpern (auf eine im einzelnen seltsame Weise) Wärme und Kälte entsteht und hält diese für Grundkräfte, geeignet die Wechselwirkung der Elemente in den Körpern hervorzurufen. Seine teleologische Grundhaltung, die Ursachen der Bewegung-Aenderung in die Natur der körperlichen Dinge zu verlegen, wird durch diese Ergänzung nicht wesentlich beeinflußt. (Meteor. I. 2.) — Was die Kräfte selbst sind, darüber findet sich wohl nichts bei Aristoteles. — (Wärme und Kälte sind in der heutigen Physik nicht Kräfte, sondern nur quantitative Verschiedenheiten ausdrückende Bezeichnungen über die gleiche *Energie*form, die kinetische Energie der Moleküle.)

sie gefragt. Im Experiment. Und sie hat geantwortet. Die Antwort heißt *Nein!*

Das Geschehen in der Physik geht *nicht* aus dem Wesen der körperlichen Dinge hervor; ihr Beitrag ist bescheidener. Von außen angreifende Kräfte — bei Galilei und Newton heißen sie »vires impressae« — bewegen, ändern den Körper. Fern von den Gestirnen hat der Stein gar kein »Gewicht« und »fällt« nicht. Derselbe Stein erfährt an der Sonnenoberfläche einen 30mal größeren Antrieb zum Fallen als an der Erdoberfläche. Die Kraft, die ihn bewegt, ist seinem Wesen allein nicht zu entnehmen. Aber — Aristoteles hat doch gesehen, was wir sehen — das Blatt fällt langsam, der Stein schnell! Wenn man die Störung der Luft beseitigt, fallen Blei und Stein und Blatt und Flaumfeder gleich schnell. Das ist ein Beispiel. Es gibt Zehntausende. Es ist unmöglich, aus dem Wesen des Naturkörpers sein physikalisches Schicksal zu bestimmen.

Das Wesen der körperlichen Natur*dinge* — könnten wir es erkennen — würde uns *den Schlüssel* zur Erkenntnis der Natur *nicht* liefern. Einen Beitrag zu ihr ja. Die Natur ist viel reicher als der Bestand der körperlichen Dinge. *Es ist anderes da,* was den Wandel (das Entstehen und Vergehen) bestimmt. Wir nennen das Kräfte: Gravitationskräfte, elektrische, magnetische und andere. Aber ist es denn nicht richtig, daß die Anziehungskräfte der Gravitation den Weltkörpern, den Sternen, also ihrem Wesen entquellen? Nein, das ist nicht richtig: sie entquellen aus Massen und münden in ihnen — gleichgültig ob diese gasförmig, flüssig oder fest sind, ob sie Körper bilden oder in die Weite diffundieren. Diese Kräfte sind zwischen den Massen. Der Stein zieht die Erde genau so an, wie die Erde den Stein. Aber auch die Luftmoleküle werden angezogen und ziehen an und würden genau so fallen, wie der Stein, wenn nicht andere Kräfte (thermodynamische) entgegenwirkten. (Wo diese fehlen, fallen die Luftmoleküle »wie winzige Steine« zu Boden.)

Was sind aber diese wirkenden Kräfte? Darauf muß der Naturforscher antworten, ihr *Wesen* kann ich nicht nennen. (Auch Aristoteles und Thomas schwiegen sich hier aus.) Aber er kann sehr vieles darüber sagen und dies genau. Unter welchen Bedingungen sie auftreten, wie stark sie an jeder Stelle ihres Feldes (möglichen Wirkungsraumes) sind, welche Richtung sie haben, was sie bewegen, ändern, bewirken. Dies alles — qualitativ sowohl wie auch (nicht nur) quantitativ. Denn sie wirken nach unverbrüchlichen, treuen, letzten Gesetzen über allen erfahrbaren Raum und alle erfahrbare Zeit, auf Erden, im Sonnensystem, im System der Milchstraße, in den transgalaktischen Welten; immer die gleichen. Durch sie enthüllt sich der Kosmos als größer, tiefer, reicher — aber auch als klarer, einfacher in den Grundzügen; geistgeordneter als je. Die Aenderungen (Bewegungen) sind ihr Werk und die körperlichen Dinge ihre Signale sozusagen; denn die Kräfte bilden sie, ändern sie. Langsam (den Stein) — dann sprechen wir vom Ding; schnell (den Regenbogen, die Flamme, den Blitz) — dann scheint es wenig zweckvoll in den Formen der damaligen Peripatetiker [3] vom Ding und seiner Substanz zu sprechen. Denn was ist eine Flamme? Eine chemische, stark wärmeliefernde (exothermische) Reaktion mit räumlich begrenzter, in der Temperatur begründeter Lichtemission. Was ist ihre Substanz? Solange sie ist, reagieren durchströmend immer *andere* Materieteilchen. Der Physiker kann über sie sehr genaue Auskunft geben, er beherrscht sie. Aber ist es nicht besser, von einem Vorgang, einem Prozeß zu sprechen, als von einem »körperlichen Ding«, das hier, ohne Worte und Begriffe zu pressen, nicht angesprochen werden kann?

In der Galileischen [4] Wendung — man knüpft sie mit vol-

---

[3] Heute ist die Neuscholastik am Werk, dem Wissensbestand der Naturforschung in den Kosmologien Rechnung zu tragen (c. f. u. a. Wulff, Schwertschlager, Steichen, Gredt, Mitterer, Bucher und viele andere).

[4] Galilei findet die ganze Naturproblematik neu gestellt, spricht von den Tausenden von Stunden des Nachdenkens über die einzelnen Probleme, das

lem Recht an seinen Namen, obwohl auch andere sie vollzogen — bleibt natürlich *in der Ordnung der Sinneswahrnehmung und der Erkenntnis* das Körperliche, veränderliche Ding, das erste in der Physik. Aber in der Abhängigkeitsordnung des Seins, dem kausalen Vollzug, dem Geschehen geht ihm der Primat verloren. Dinge sind wandelbare Erzeugnisse der wirkenden »Kräfte«, die also hier früher kommen und die — das ist das Entscheidende — wo immer sie auftreten, nach unwandelbar über alle Zeiten und Räume der Erfahrung gültigen *Gesetzen* wirken. Diese Wirkungs*gesetze* sind das Primäre; die körperlichen Dinge und ihr Wandel sind ihr Erzeugnis, so kann die Kenntnis ihres Wesens (und ihrer sogenannten Qualitäten) den Schlüssel nicht enthalten; sie sind ja weniger Wirkende als Bewirkte. Wohl aber dienen sie, weil an ihnen die Wirkungen (an ihren »Bewegungen« = Aenderungen) den Sinnen zugänglich werden, als Signale, aus denen auf die Gesetzmäßigkeit (die objektive von der Ausdrucksweise unabhängige, die »gemeinte«) geschlossen werden kann.

Wenn es solche unverbrüchlichen Wirkungsgesetze gibt, aus denen eindeutig determinierte (naturwissenschaftlich kausale) Aenderungen [5] (Bewegungen sagten die Peripatetiker) hervorgehen, dann muß das Verfahren der physikalischen Forschung auf den Wirkungszusammenhang ausgehen, um das Gesetz zu finden. Wenn nach alter Auffassung die körperlichen beweglichen Dinge in sich den Aenderungsgrund tragen, dann genügt es, zuzuschauen, was sie machen.

---

ihn nur zu ersten Schritten der Erkenntnis gebracht habe. Die Meinung seiner Zeitgenossen war, die Natur sei durch Aristoteles im Wesentlichen bekannt; man habe es mehr mit einem Wissensbesitz als mit einem beginnenden ungeheuren Bemühen zu tun.

[5] Auf die — noch nicht geklärten — Schwierigkeiten der neuen Mikrophysik, die auf anscheinend akausales (physikalisch nicht eindeutig determiniertes) Geschehen, das nur nach den Verfahren der Ausgleichrechnung (Wahrscheinlichkeitsrechnung) sich fassen läßt, gestoßen ist, kann im Zusammenhang mit dem Galilei-Problem hier nicht eingegangen werden.

So haben die Alten die Erscheinungen betrachtet, wie sie »von selbst« abliefen. *Es war Physik der Erscheinungen.* Da fällt wirklich das »leichte« Blatt langsamer als der »schwere« Stein. Wenn aber eherne Wirkungsgesetze Blatt und Stein zum »Fallen« zwingen, — und die Planeten in ihre Bahnen — dann muß unter gleichen Bedingungen immer wieder dasselbe geschehen. Werden *diese Bedingungen* — sooft als nützlich — *herbeigeführt,* so muß jedesmal derselbe Wirkungsablauf sich einstellen. So kann er immer und immer wieder geprüft werden. Qualitativ — welcher Art die Wirkung sei, quantitativ — wie groß sie sei. *Beides,* mit steigender Genauigkeit (nicht nur das Quantitative, wie manche Philosophen auch heute von der physikalischen Forschung noch meinen). Werden die Bedingungen nun geändert, so ändert sich auch das Ereignis. Aber der Vergleich der Ereignisse zeigt, daß der Unterschied nur in den Bedingungen liegt, daß aber das Wirkende unverändert bleibt. So hat Galilei vielerlei Körper unter den verschiedenen Verhältnissen fallen lassen, direkt, auf schiefen Ebenen verschiedener Neigung, auf Kreissegmentbahnen, an Pendelfaden aufgehängt, in Kombination mit anderen Bewegungen und dergleichen. Das Fallereignis wird hiebei geändert, z. B. weil die wirksame Kraft bei schräger Führung nur mit einem Teil ihrer Größe angreifen kann. Aber immer und unter allen Bedingungen erweist sich die Geschwindigkeit der Fallzeit, und der Fallweg dem Quadrat der Fallzeit proportional. Und außerdem läßt sich die Richtung und die Größe der Kraft genau ermitteln.

Demnach sind in dem neuen Verfahren der Naturerforschung enthalten: Einmal zu jeder umgrenzten (präzisierten) Frage an die Natur, d. i. experimentellen Untersuchung eine vorläufige Annahme, eine provisorische (oft nur qualitative) Vorwegnahme des Resultates — logisch »lemmatisches Verfahren« (Plato). Galilei mußte bei seinen Fallversuchen eine solche Annahme machen — er setzte also voraus, daß es eine Kraft gebe, die auf seine fallenden Körper einwirke. Wir sa-

gen heute: Arbeitshypothese, und schließen ein, daß sie je nach der Antwort des Experimentes zu korrigieren sei; also (wegen der Verfeinerungsmöglichkeit des Experimentes immer) vorläufig bleibe.

Um dann ferner den Zusammenhang eindeutig qualitativ und quantitativ zu erhalten, sind bei jedem Versuch die Störungen zu beseitigen, oder, wo dies unmöglich ist, gesondert zu bestimmen. Das bedeutet *Analyse* des einzelnen Fall*vorgangs;* das Ergebnis der Analyse des Einzelversuchs ist dann die gereinigte Kausalbeziehung zwischen dem Ereignis, etwa der Geschwindigkeit des Falles oder dem zurückgelegten Weg und der wirkenden Kraft; das messende Experiment liefert Zahlenpaare für die »unabhängige« (wirkende) und »abhängige Variable«, also z. B. zu jeder Zeitdauer eine Wegstrecke. Und dann werden von jedem Versuche (oft von hunderten) diese gereinigten Einzelergebnisse, das sind die Zahlenpaare, zusammengestellt und verglichen. Das ist der *synthetische Schritt.* Was allen unter allen Umständen gemeinsam ist, wird von dem getrennt, was durch Variation der Versuchsbedingungen modifiziert wurde. Das erstere ergibt das Gesetz. So führt der Weg vom Einzelnen zum Allgemeinen. Es ist die von nun an herrschende Methode der *Induktion.* Also: nicht aus dem Wesen [6] der beweglichen Naturkörper deduktiv ableiten, führt zur Wahrheit. Das hat vielmehr zu vielen, sehr vielen Irrtümern geführt. Sondern von den Einzelereignissen auf die Wirkungsgesetze, vom Sichtbaren auf

---

[6] Verzichtet also die neue Physik auf die Frage nach dem Wesen völlig? Sie hütet sich, auf die Frage, was ein Naturgegenstand (eine Kraft, ein Atom z. B.) sei, mit verfrühten Definitionen zu antworten, bleibt stets in der Haltung des weiter, noch genauer Fragenden. Da im Vordergrund des Interesses die gesetzmäßigen Wirkungen stehen, ist Physik zunächst Beziehungs- oder Strukturwissenschaft. Aber durch Klärung des gewaltigen Flechtwerkes der Wirkungen wird auch das Wesen (Sosein, Beschaffenheit) der eingeflochtenen Dinge klarer. Was ein Atom z. B. sei — darauf kann heute eine viel genauere Antwort gegeben werden, als vor 20, 50, 100, 2000 Jahren. Doch bleibt Verbesserung stets vorbehalten. Der Physiker spricht nicht gern vom

die unsichtbar wirkenden Kräfte, die großen Spieler des kosmischen Spiels, zu schließen, führt zum Ziel. Von der so induktiv durch analytisch-synthetische Schritte gewonnenen Gesetzmäßigkeit nimmt Galilei — nehmen alle Physiker — an, daß sie immer und überall gilt. Die letzten Grundgesetze gelten als die fundamentale primäre Wirklichkeit des Geschehens im Kosmos. Woher das Recht zu dieser Sicherheit? Die Alten hatten hiefür nur den Erfahrungsbeweis — der unbedingten Zuverlässigkeit in millionenfacher Erprobung, die exakte Vorausberechnung des Kommenden. Den schätzten sie als induktiven Schluß nicht sehr hoch. Wir von heute haben dazu einen noch stärkeren: den pragmatischen Beweis der Technik. Aus den erkannten Physikgesetzen werden die Konstruktionen (in finaler Ordnung) abgeleitet. (Daß dies und wie dies möglich und sicher ist, das behandelt die Philosophie der Technik.) Aber alles was wir bauen: Brücken, Häuser, Hallen; Motoren, Dynamos, Telegraphen, Telephone; Bahnen, Autos, Flugzeuge, Schiffe; Mikroskope, Fernrohre; Spinnmaschinen, Webstühle; Arzneien, Chemikalien (wir können eine schier endlose Liste aufstellen) beruht auf der ausnahmslosen, qualitativ und quantitativ gleichbleibend erfüllten Naturgesetzlichkeit. Gäbe es Ausnahmen, dann würden unsere Uhren alles Mögliche zeigen, aber nicht den Zeitablauf; Telephon, Radiosender und -empfänger, Trambahn, Wasser- und Gasnetz, Licht, Domgewölbe und Orgel, Sprengstoff, Gift, Arznei könnten nicht erfunden, konstruiert, erbaut werden,

---

»Wesen«, er macht sich ein möglichst genaues Bild, ein »Modell« seines Gegenstandes, prüft und verbessert es immer wieder aus der Erfahrung und gelangt so in asymptotischer Annäherung der Erkenntnis zum Gegenstand. Das liefert jedenfalls viel mehr Zutreffendes, war ungemein viel erfolgreicher als zu frühe Definition, bei der schließlich die Rätsel ungelöst in Begriffen (Materie, Form, Substanz, Akzidenz, Idee u. ähnl.) versteckt wurden. — Damit sollen derartige Begriffe nicht als wertlos für die Naturwissenschaft verworfen werden. Sie behalten — besonders bei belebten Gegenständen, wo teleologische Betrachtung wichtiger ist — Wert. Doch reichen sie, aus der Körperwelt entnommen und vor allem auf sie gerichtet, für den Reichtum und die Tiefe der Natur nicht aus.

weil man ihre Leistungen nicht erwarten könnte. Unsere Zivilisation würde nicht sein. Das — die Ableitung des Einzelnen und des Technischen — ist der *deduktive* Endschritt des neuen Denkens. Die Induktion führt zum Gesetz, die Allgemeingültigkeit (durch Erfahrung und pragmatisch bestätigt) führt zur Deduktion in der Technik [7].

Das alles ist, in der Wurzel wenigstens, bei Galilei enthalten und insbesondere in den Abschnitten über die Bewegungslehre ist nach dieser induktiven Methode verfahren worden. Die Wahrheit erfordert hinzuzufügen, der Engländer William Gilbert hat es gleichzeitig auf den Gebieten der Elektrizität und des Magnetismus ebenso gemacht (1544 bis 1603). Sein Hauptwerk: »Ueber den Magneten, die magnetischen Körper und die Erde als großen Magneten« ist 1600, also vor Galileis Discorsi erschienen.

All die vielen einzelnen, teils höchst wichtigen, teils weniger bedeutenden, teils noch unvollkommenen physikalischen Leistungen Galileis (die sich über sein ganzes Leben erstrecken, über die er in seinem letzten großen Werk, seinem physikalischen Testamente, berichtet) darzulegen, ist nicht die Aufgabe dieser Arbeit. Hier kommt es *auf das neue Denken* an, die Hauptfrucht der Renaissance, das bei ihm durchbricht, das in Roger Bacon einen Vorläufer, in Sir Francis Bacon einen Propheten und in Descartes einen wirksamen — aber einseitigen Philosophen fand.

Ist es berechtigt, in diesem neuen »Habitus« des Denkens,

---

[7] Das hier nicht eingehender besprochene Problem der Technik, der finalen Gestaltung aus der Naturgesetzlichkeit heraus, in der bisherigen Forschung zu wenig beachtet und oft verkannt, enthält ein »Werden aus Ideen« oder aus vorgestellten Formen. Jeder technische Gegenstand ist durch den erkennenden Geist hindurchgeschritten, bevor er als Ding der Außenwelt vor uns steht. Darum ist sein Wesen nicht so fremd, wie das Wesen eines Naturdinges, und weil die Durchgeistigung des technischen Gegenstandes eine finale (teleologische) Dominante hat, ist das Begriffssystem Materie - Form, Potenz - Akt hier mehr als vielfach sonst verwendbar. Vgl. des Verf. »Philosophie der Technik«, 3. Aufl. Univ. Buchh. Freiburg.

dieser neuen Einstellung zur Welt, die wichtigste Frucht der Renaissance zu erblicken: Hier ein Hinweis zur Begründung: Goethe charakterisiert in seiner Farbenlehre die Haltung des Aristoteles und der beiden Jahrtausende, die ihm folgten, als betrachtend, hinnehmend. Die Naturwelt war ihm ein wohlgeordneter, *fertiger* Bau. (Die Griechen hatten nicht nur sich selbst, auch ihre Götter darin eingeschlossen.) Ihn zu packen, anzugreifen, zu ändern, ihm systematisch Bedingungen aufzulegen, kam für die damaligen Peripatetiker nicht in Frage. Ihn im Wesen betrachtend zu erkennen, machten sie sich auf. Sie sahen im Kosmos die Gesamtheit der körperlichen Dinge, die das Gesetz ihrer Aenderung in sich tragen. Das Wesen des Kosmos mußte also im Wesen der Naturdinge erkennbar sein. Was also ist das Wesen der Naturdinge, die sich wandeln? Sie faßten das gemeinsam in die Begriffe: Akt und Potenz, Materie und Form und bauten darauf ihr Weltbild — mit viel Scharfsinn, schön, erhaben. Das war also das Haus, in dem sie wohnten, ein großartiges, ein unveränderliches Haus. Die Christen sahen nicht dieses Haus als ewig an, sondern als die freie Schöpfung Gottes, darin Gottes Dasein erkennbar wurde. Aber auch für sie blieb es ein geordnetes, vollendetes Haus; *Gott* trägt, hält, regiert alles darin in jedem Augenblick. Und jetzt: Hinter der Wandelbarkeit der Dinge stehen als fundamentale Wirklichkeit unwandelbar-untrügliche *Gesetze. Die* sind dem Denken aufgegeben, wenn die Welt erkannt werden soll. Aber das erworbene Wissen von ihnen ist *Macht*wissen. An ihnen, den Gesetzen können wir nichts ändern. Sie sind das Unveränderliche, Erste aus Gottes Hand. Aber, wie sie die *Dinge* und *Verläufe* regieren, die unseren Sinnen die Welt dartun, so können auch wir, *im Besitz dieser Gesetze* die Dinge und Verläufe (in beschränktem, doch erheblichem Grade) regieren, wenn wir die Gesetze beachten und benutzen. Die Erscheinungswelt ist ausbaufähig und nicht fertig. Dem Menschen ist aufgetragen, sie immer weiter auszubauen. Der Befehl dazu steht schon in der Ge-

nesis: Nicht verhaftet bleiben, wie Stein und Pflanze und Tier, sich emanzipieren von Wetter und Wind, Hitze und Frost, Hunger und Durst, Krankheit und Not, so weit wie möglich von Raum und Zeit, — über die Dinge der Erde Herr sein! Der Weg war lange verschüttet, jetzt lag er offen. Der Mensch war tausendmal mächtiger, als er je geahnt. Die Gesetze der Natur mußte er kennen lernen, dann konnte er die Geschehnisse bestimmen, die Dinge gestalten. Also, auf zum Ausbau der Schöpfung! (nicht der Gesetze, sie sind Gottes allein, der Dinge und ihrer »Bewegung«, sie sind auch unser).

Und das gelang. Jeder weiß das, der auch nur oberflächliche Geschichtskenntnisse hat, wie Erde, Meer, Luft »bezwungen« wurden, Kohle und Wasserkraft unsere Maschinen trieb, Wohnstätten beleuchtete, Bücher druckte. Was Wunder, daß der Mensch aus dieser Erfahrung gestärkt, selbstvertrauend, aggressiv (gegenüber der Umwelt, aber auch gegen Gott) geworden, die neue Denkart überall anzuwenden suchte! Denn der Mensch ist *einer*. Es ist nicht möglich, daß er erstarkt und erfolgreich seine Siegeszuversicht auf *ein* Gebiet begrenzt; er wird allenthalben neu zupacken!

Der barmherzige Samaritan hat dem fremden Mann aus feindlichem Stamm in dessen Not geholfen, und wir haben davon zu lernen, daß unser Nächster ist, wen Gott uns eben schickt, damit wir ihm helfen. Nun aber — können wir statt einem, statt einigen (von Mensch zu Mensch) — vielen, vielleicht allen helfen. Mit dem neuen Denken! Also das hieße den Gesetzen nachspüren, nach denen Wohlstand und Armut sich bilden, den *rationalen* Geist der Naturforschung hierher übertragen — und dann, im Besitze der Gesetze, den finalen Geist der Technik in die Handlung tragen! Können wir Arzneien bauen gegen Krankheit, Motore an Stelle von Sklaven stellen, — so gibt es vielleicht auch Arzneien, finale Konstruktionen, gegen soziale Mängel: Organisationen, Systeme, der Not zu begegnen. Es ist unverkennbar, daß neue Gebiete, wie Nationalökonomie, Soziologie, Politik, Wesenszüge des

neuen Denkens tragen. Ich, Mensch, bin mächtig, ich kann erkennen, gestalten, ändern, bessern, — nach Anleitung, wie sie die Renaissance brachte, wie sie Galileis (und Anderer) Werk zugrunde liegt, — und nun will ich es auch! Was gibt es noch, was wir nicht methodisch, nach mehr oder weniger erkannten Gesetzen, »organisiert« hätten, more quasi geometrico! Cartesius hatte gelehrt, so müsse man, mathematisch gewissermaßen, die Wissenschaft anpacken. Mathematisch, das ist enger als naturwissenschaftlich. Das geht zum Teil mit großem Erfolg, — zum Teil auch gar nicht. Aber die Menschen haben nach dem Renaissance-Erlebnis viel mehr, als Cartesius meinte, so angepackt: im Besitz der Gesetze eines Gebietes die Ereignisse des Gebietes gestaltend. Ist es nicht unverkennbar das gleiche Denken, das Adam Smith, dem schottischen Moralphilosophen, die ganz ungeheure Macht verleiht, die Wirtschaft der Welt gegen alle bestehenden politischen Gewalten von Grund aus neu zu gestalten?

Dieses neue, erstarkte, emanzipierende Denken, auf ganz große Bereiche der Umwelt übertragen, ist unser heutiger gewohnter habitus, unsere Einstellung, unsere Art anzupakken. Wir bemerken es gar nicht mehr. Erst die Konfrontation mit der alten Zeit bringt es uns zum Bewußtsein. Wir Heutigen müssen begreifen, wie erstaunt, erschreckt, oder begeistert unsere Vorfahren waren, als das neue Denken aufkam und Erfolge hatte. Sie waren so erschreckt, wie wir erschrekken würden, stellte sich heraus, daß dieses neue Denken, unsere Art, die Dinge anzupacken, irgendwo versagen würde und einem neuen Verhalten Platz zu machen hätte. Und — ist das nicht schon der Fall? —

Doch, wie auch immer, man muß gestehen: es hat das Antlitz der Erde geändert [8]. Ein Geist aus fernen Welten, der

---

[8] Es liegt nahe, die Diesseitigkeit der Einstellung mit den Worten des Faust (II. Teil, 5. Akt) zu schildern:

»Der Erdenkreis ist mir genug bekannt,
Nach drüben ist die Aussicht uns verrannt.

1600 und jetzt über unseren Planeten streifte, würde ihn auch äußerlich verändert finden. Statt wilder, chaotischer Ungestalt ist seine Oberfläche von geometrischen Linien der Felder, Aecker, Wälder, Kanäle, Straßen, Bahnen durchzogen, durch den Luftraum ziehen glitzernde Vögel, Sprachen und Klänge umwogen den Erdball, über Kontinente und Ozeane klingt das Wort und ist das Bild im Begriffe zu wandern. Die Zahl der Menschen hat sich vervielfacht, sie leben doppelt so lange, sie sind gesünder, von vieler Unbill erlöst. Das Renaissanceergebnis, das neue Denken, der Gewinn der Methode der Naturerkenntnis, hat den Menschen sehr viel stärker gemacht. Er hat sich allenthalben emanzipiert, er ist sehr selbstbewußt geworden. Aber — jetzt, wird der ferne Gast bemerken, führen sie einen schrecklichen Widersinn auf, diese starken Selbstbewußten! Den zweiten Weltkrieg! Taten unbeschreiblichen Grauens! Irgend etwas muß am neuen Denken nicht in Ordnung sein!

Tor, wer dorthin die Augen blinzelnd richtet!
Sich über Wolken seinesgleichen dichtet!
Er stehe fest und sehe *hier* sich um,
Dem Tüchtigen ist diese Welt nicht stumm.
Was braucht er in die Ewigkeit zu schweifen,
Was er erkennt, läßt sich ergreifen.«

Es ist gut, daran zu denken, daß Faust, der so spricht, scheitert. Was er gebaut, wird bald vom Meer verschlungen. »In jeder Art seid ihr verloren — und auf Vernichtung läuft's hinaus« — sagt Mephisto, während er Fausts Grab schaufeln läßt.