

Frankfurter Universitätsreden

1920

XI

Über allgemeine
Gesetzmäßigkeiten des
Geschehens

von
W. Schoenflies

F

Druck u. Verlag: Universitätsdruckerei Werner u. Winter, G. m. b. H., Frankfurt-M.
Auslieferung für den Buchhandel: Blazef u. Bergmann, Frankfurt am Main

Abseits aller der Tagesfragen, die unser Denken und Empfinden heute in erster Linie erfüllen, verläuft das Arbeitsgebiet der mathematischen Wissenschaft. Jenseits von gut und böse, von Recht und Unrecht, liegt das Reich ihrer Probleme, bewegt sich die weite Welt ihrer Gedanken. Doch ist sie keineswegs jeder Beziehung zu den großen Zwecken des staatlichen Organismus bar. Neue mathematische Begriffe und Erkenntnisse sind oftmals gerade aus der Versenkung in die praktischen Bedürfnisse von Naturwissenschaft und Technik entstanden; selbst der Krieg hat Befruchtungen dieser Art auf mannigfachen Gebieten ausgelöst. So steht die Mathematik mit Naturwissenschaft und Technik in einer höchst wertvollen beiderseits anregenden Arbeitsgemeinschaft. Wir sind zwar keineswegs im Stande, allen den Anforderungen, die von Seiten der Anwendungen an uns gestellt werden, zu genügen. Mehr als je sind wir uns aber in heutiger Zeit bewußt, daß es eine unserer vornehmsten wissenschaftlichen Verpflichtungen ist, Wissen und Forschen in den Dienst kulturellen Fortschreitens zu stellen. Die Naturgesetze erkennend zu erfassen, die Naturkräfte zu beherrschen und sie den großen Aufgaben von Kultur und Staat dienstbar zu machen, ist der Ehrgeiz, der uns in erster Linie beseelt.

Zu den historischen und geistigen Wissensgebieten sind ähnliche nachbarliche Beziehungen kaum vorhanden. Und doch will es mir scheinen, daß sie innerlich nicht ganz ausgeschlossen sind. Auch hier dürfte das Wort Geltung haben: Suchet, so werdet Ihr finden. Und was könnte für den Vertreter eines nach allgemeinem Vorstellen so weltfremden Faches wie es das meinige ist, lockender sein, als solchen Beziehungen nachzuspüren! Freilich, es gibt Fragen, deren Erörterung für eine Feierstunde der Universität näher zu liegen scheint. Schicksal und Verfassung unserer Hochschulen sehen sich plötzlich in den Strudel modernster Reformbewegungen hineingezogen; mit einer Kraft, gegen die ihre alte Organisation machtlos ist. Die schwere Stunde einer Neugeburt ist für den gesamten Unterricht und alle seine Glieder, für Wissenschafts- und Lehrbetrieb angebrochen, und Sie wünschen vielleicht zu hören, wie sich Zukunftshoffnungen oder auch Zukunftsbefürchtungen im Hirn des neuen Rektors ausmalen. Solchen Erwartungen muß ich leider eine Enttäuschung bereiten. Ich ziehe vor, der bisherigen Tradition unserer Universität zu folgen. Immer hat der neue Rektor von seinem persönlichen Arbeitsgebiet zu Ihnen gesprochen, und so soll es diesmal die Mathematik sein, für die ich Ihre Teilnahme erbitte. Freilich, gemessen an der Leichtigkeit allgemeineren Verständnisses ist meine Position erheblich ungünstiger als die meiner Vor-

gänger; ist doch unsere Sprache eine solche, die auf den Laien fast wie eine Art Geheimschrift wirken muß. Einer der wichtigsten und geistreichsten Mathematiker hat sogar behauptet, die Mathematik sei die Kunst sich so auszudrücken, daß man überhaupt von keinem Andern verstanden würde.

Aber jeglicher Gelehrte, der seinem Sach hingabe entgegenbringt, empfindet doch den lebhaften Wunsch, auch denen, die außerhalb des Tempels seiner Wissenschaft weilen, den Einblick in dessen Inneres zu öffnen. Dieser Wunsch beseelt in dieser bevorzugten Stunde auch mich. Und dies umso mehr, als ich der Überzeugung bin, daß der mathematischen Denkart keineswegs ein isolierter Charakter eigen ist. Ich hoffe darzulegen, daß in den mathematischen Methoden Elemente von grundlegender Bedeutung enthalten sind, zu denen sich in den historischen und geistigen Wissensgebieten eine interessante Parallele aufzeigen läßt.

In steigendem Maße hat sich in den letzten Jahren eine bewußte Gegnerschaft gegen die naturwissenschaftliche Denkweise ausgebildet. Ob das naturwissenschaftliche Denken durch gewisse Übertreibungen der materialistischen Vorkämpfer eine Minderung seines Ansehens erfuhr, oder ob es einer Art historischen Notwendigkeit entspricht, wenn im ewigen Kreislauf der Weltanschauungen die ideellen Momente wieder breiteren Raum beanspruchen, mag auf sich beruhen. Tatsache ist, daß die neue Denkweise mit ungezügelter Kraft auf allen Gebieten sich durchgerungen hat, in Wissenschaft und Kunst, in Literatur und Politik, in Schrift und Rede. Überall tönt uns sieghaft und laut das Schlagwort der Idee mit stärkstem oft schrillum Klang entgegen; der Idee, die ausschließlich die Bildnerin der Lebensverhältnisse sein will und sogar den Anspruch erhebt, gebieterisch die Tatsachen des Lebens zu gestalten, ohne ihre historisch gewordene Form zu berücksichtigen. Auch insofern darf es ein Vertreter der naturwissenschaftlichen Fakultät als eine Art wissenschaftlicher Pflicht empfinden, die Eigenart unseres Denkens zu analysieren, auf die Vorzüge seiner Methodik hinzuweisen; und sie zu dem wesentlich im Ideellen verlaufenden Denken in Beziehung zu setzen.

Kein mathematisches Gebiet dürfte dem Laien so wenig verschlossen sein, wie die Bewegung der Himmelskörper. An sie lassen Sie mich deshalb anknüpfen. Insbesondere bitte ich Sie, an die Bahnen zu denken, die die Planeten in ihrem ewigen Lauf um die Sonne beschreiben. Es sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Jeder Planet durchläuft diese Bahnen im Laufe eines festen Zeitraumes; für die Erde ist es bekanntlich ein Jahr. Es ist dies das sogenannte erste Keplersche Gesetz. Kopernikus hatte noch geglaubt, daß die Planetenbahnen Kreise sind, wie es auch die Griechen angenommen hatten; der phantasievolle

Sinn eines Pythagoras sah in der Regelmäßigkeit dieser Bewegungen bekanntlich die Quelle einer musikalischen Harmonie. Mehr als 30 Jahre hat Kepler die Bewegungen der Planeten über das Himmelsgewölbe hin prüfend und messend verfolgt, ehe ihm das planetare Bahngesetz aus der Fülle seines Zahlenmaterials heraus zur Gewißheit wurde. Sie können die wissenschaftliche Energie, die darin steckt, nicht hoch genug einschätzen. Es ist die Arbeit eines ganzen Lebens, eines Lebens erfüllt von unermüdlichem Beobachten, sorgsamem Messen und kritischem Vergleichen, das Sie in den Keplerschen Gesetzen vor sich haben. Sie bilden eine der fundamentalsten Gesetzmäßigkeiten unseres gesamten Erkennens.

Und doch muß ich sofort hinzufügen, daß es heute kaum einer einzigen Vorstellungsstufe bedarf, um das Keplersche Erfahrungsgesetz als eine mathematische Notwendigkeit im Rahmen unserer allgemeinen astronomischen Vorstellungen zu erweisen. So groß ist der Fortschritt, den die Wissenschaft seither getan hat; so weittragend ist die mathematische Methode, die diese Möglichkeit geschaffen hat. Wir verdanken dies methodische Wunderwerk dem Genie eines Newton; gerade im Anschluß an die Keplerschen Gesetze hat er das differentielle Denken geschaffen, das sozusagen das mathematische Geheimwissen bildet, mit dem es uns gelingt, den Ablauf des Naturgeschehens unter die Herrschaft mathematischer Formeln zu zwingen.

Um dies Ihrer Auffassung näher zu bringen, muß ich schon etwas weiter ausholen. Die oberste Lehrmeisterin im Gebiet des Naturerkennens ist die Erfahrung. Den Zufall gibt die Vorsehung, zur Wissenschaft muß ihn der Mensch gestalten — so könnte man das Schillersche Wort vom Zweck und Zufall im Gebiet des Naturgeschehens umwandeln. Die Beobachtungen, die wir dem messenden Fleiß verdanken, stellen nur einen ersten Teil des Naturerkennens dar; zu ihnen muß sich der Gedankenblitz der Intuition gesellen und die inneren Zusammenhänge des Geschehens momentbildlich durchleuchten, damit eine voll befriedigende Erkenntnis erwachsen kann. Die Erzählung von dem fallenden Apfel, der den Schlaf Newtons störte und ihm als Entgelt die Idee der Gravitation bescheerte, mag Sabel sein; es hat aber jedenfalls die innere Wahrheit für sich, daß Galilei durch die pendelnde Bewegung der Ampel einer Kirche zu einem allgemeinen Gesetz der Mechanik geführt wurde. Freilich ist nicht jeder Intellekt dem eines Newton oder Galilei gleichgeartet. Es gab einen Photographen, der schon vor Röntgen die Wirkung von Röntgenstrahlen auf seine Platten beobachtete; ihn interessierte nur der materielle Schaden, den er sah, und er begnügte sich, die Platten aus dem Raum, in dem sie Schaden litten, zu entfernen. Erst in einem Röntgen erstand

die Intuition, die diese Wirkungen als Erscheinung einer neuen Naturkraft von wissenschaftlich und kulturell gleichmächtigem Effekt zu deuten verstand.

Wir pflegen die Makrowelt und die Mikrowelt zu unterscheiden. Die Makrowelt; das sind die Vorgänge im Großen, die, wie z. B. die Bewegung der Himmelskörper, unseren Sinnen und unseren Meßapparaten direkt zugänglich sind. Die Mikrowelt können wir nur ahnen; umsomehr verlangen wir auch sie zu verstehen. Es ist die unmittelbare Folge des allgemeinen Kansalitätsbedürfnisses, das in diesem Verlangen zu Tage tritt. Seit die Menschheit vom Staunen über die Natur zum Wissen von ihr überzugehen anfing, ist es ihr oberster Trieb gewesen, Einblick in das Innere der Natur zu tun, in das Getriebe der Atome und Urelemente, in dem wir doch den eigentlichen Gebieter der äußeren Erscheinungen zu erblicken haben. Dieser Wissenstrieb ist es, der das Walten und Eingreifen der gedanklichen Intuition erheißcht; sie ist es, die das innere Getriebe vor unserem geistigen Auge des Schleiers berauben soll. Mag es auch zweifelhaft sein, ob die Bilder, die unsere Phantasie von der realen Welt der Dinge entwirft, die Zustände dieser Welt jemals voll widerspiegeln; mag auch das Wort Albrecht von Hallers nicht ganz grundlos sein, daß kein erschaffener Geist in das Innere der Natur eindringe — übrigens ist es zweifelhaft, ob er es heute noch aufrecht erhalten würde — nicht eher findet unser Forschungstrieb seine volle Befriedigung, als bis uns neben der äußeren Gesetzmäßigkeit auch die innere erschlossen ist. Gerade dadurch sind wir von Erfolg zu Erfolg geschritten. Selten haben Physik und Chemie im Gebiet der Mikrowelten solche Triumpfe feiern können, wie jetzt. Für die Art, in der wir heute die Materie aufbauen, spielen Strecken eine Rolle, von denen mehr als tausend Milliarde auf einen einzigen Millimeter gehen!

Auch für das Verständnis der einfachen Planetenbewegung kommen Makrowelt und Mikrowelt bereits gleichmäßig in Betracht. Die Makroerscheinungen, das sind die sichtbaren Bewegungen, denen Kepler seine Lebensarbeit widmete. Das Walten der Mikrowelt ist uns erst durch die Newtonsche Intuition aufgegangen. Er löste die Massen von Sonne und Planet in ihre Urelemente auf und stellte die Theorie auf, daß jedes Urelement der Sonne auf jedes Urelement des Planeten eine anziehende Wirkung ausübt. Sie ist für die Urelemente irgend zweier Weltkörper die gleiche, und durchdringt so als eine Art Urkraft das gesamte Weltgebäude; es ist diejenige, die wir als Gravitation bezeichnen. Sie ist quantitativ dem Quadrat der Entfernung beider Teilchen umgekehrt proportional. Diese Anziehung ist es, die dauernd die Änderung der örtlichen

Lage beider Himmelskörper regelt, und zwar gerade so, wie es dem Keplerschen Gesetz entspricht. Dies ist die ebenso einfache wie weittragende Schöpfung des Newtonschen Geistes. Sie hat einen wesentlich anderen Charakter als die Gesetze der Makrowelt. Im Gegensatz zu den sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen der Makrowelt ist sie ein Kind unseres eigenen Geistes, frei aus unserer Phantasie erschaffen; freilich muß sie dem Zweck genügen, eine sichere Führerin durch die Welt der Erscheinungen zu sein. Holen wir also die Gesetze der Makrowelt aus der Natur heraus, so denken wir die Gesetze der Mikrowelt in das Naturgeschehen hinein.

So formulieren wir für das Naturerkennen eine doppelte Gesetzmäßigkeit, die der Makrowelt und die der Mikrowelt. Aber das Naturgeschehen selbst ist ein einziges; ein unteilbares und einheitliches. Diese Einheitlichkeit bildet die evidente Grundtatsache einer jeden Naturbetrachtung. Die Doppelnatur der Gesetze, die in unserem Erkennen auftritt, ist augenscheinlich nur die Folge unserer persönlichen geistigen Organisation. Sie stellt zwei verschiedene Erscheinungsarten eines und desselben einheitlichen Vorgangs dar. Es ist daher klar, daß die eine Gesetzmäßigkeit durch die andere ursächlich bedingt ist; so entsteht das wissenschaftliche Problem die eine aus der anderen zu begreifen. Im Falle der Planetenbewegung insbesondere ist aus der Voraussetzung der allgemeinen Gravitation, die in jedem Augenblick die Beziehung der Elemente von Sonne und Planet auf einander regelt, die Tatsache der Ellipsenbahn abzuleiten, die den Gesamtverlauf der Bewegung darstellt. Wir können das eine Gesetz als Gesamtgesetz, das andere als Momentangesetz bezeichnen. Wie und daß sie auseinanderfolgen, ist das Problem, das im Zentrum unseres Naturerkennens steht. Und hier ist die Stelle, die — wenn ich so sagen darf — einen der Ruhmestitel der Mathematik bildet. Die Methoden, die Newton und Leibniz schufen, gestatten uns, dieses Problem in einfachster Weise zu erledigen. Diese Methoden sind es, die uns insbesondere heute in den Stand setzen, in der kurzen Frist einer Vorlesungsstunde von der Tatsache der Gravitation zu den Keplerschen Gesetzen der Planetenbewegung aufzusteigen. Darf ich mir im Anschluß hieran noch einen beiläufigen Hinweis erlauben. Hier scheint mir nämlich ein Grund dafür aufgedeckt zu sein, daß ein geistig so hochstehendes Volk, wie es die Griechen waren, auf dem Gebiet des Naturerkennens nicht über die ersten Anfänge hinausgelangt ist. Ihre Philosophen hatten sich zwar ebenfalls einfache Bilder von dem inneren Bau und der Wirkungsweise der Materie entworfen — aber es fehlte ihnen die wissenschaftliche Methode, die die äußere Gesetzmäßigkeit aus der inneren abzuleiten vermag, und so

erklärt sich bei aller Höhe ihres geistigen Lebens der unleugbare relative Tiefstand ihres naturwissenschaftlichen Denkens.

Das Ziel meiner Ausführungen erfordert es, auf die Eigenart dieser Methode noch etwas näher einzugehen. Können wir vielleicht die eben genannten beiden Gesetzmäßigkeiten, die Ellipsenbewegung einerseits und die Tatsache der momentanen Anziehungen zwischen Sonne und Planet andererseits — können wir, sage ich, diese beiden Gesetzmäßigkeiten vielleicht unmittelbar mit einander vergleichen und auseinander verstehen? Ich muß es verneinen; für das unmittelbare gedankliche Schließen besitzen die beiden Gesetze keinerlei einigendes Band. Ja mehr als das; man könnte sich sogar die Meinung bilden, daß sie — wenigstens äußerlich betrachtet — einander widersprechen. Das muß Sie überraschen und bedarf daher näherer Ausführung. Die einzelnen Punkte einer Ellipse haben bekanntlich verschieden große Abstände vom Brennpunkt; durchläuft also der Planet wiederholentlich seine Bahn, so schwanken diese Abstände beständig zwischen größeren und kleineren Werten hin und her. Und nun beachten Sie, daß Sonne und Planet dauernd einander gegenseitig anziehen. Trotz dieser dauernden gegenseitigen Anziehung erfolgt also die Bewegung so, daß die Entfernung beider Himmelskörper in stetem Schwanken bald abnimmt und bald zunimmt. Wie soll es uns aber möglich sein, dies gedanklich unmittelbar zu begreifen, also zu verstehen, daß trotz dauernder Anziehung auch einmal wieder ein Wachstum des Abstandes beider Körper eintreten kann? Wie kann es da für die Anschauung oder den Intellekt eine Brücke geben, die von dem einen Gesetz direkt zum anderen hinüberleitet?

Lassen Sie mich die Eigenart unserer Methode noch an einem zweiten Beispiel vorführen. Wir stellen uns den inneren Zustand eines Gases in einer Weise vor, die ungefähr an das Verhalten der Mücken in einem Mückenschwarm erinnert. Die Gaselemente, d. h. die kleinsten physikalischen Einheiten, aus denen das Gas besteht, bewegen sich auf das mannigfachste durcheinander. Sie nähern einander, prallen aneinander an, und entfernen sich wieder, in einem scheinbar regellosen Spiel, getrieben von Kräften, die teils anziehender, teils abstoßender Natur sind. Dies ist das Momentengesetz ihres Verhaltens. Von einem solchen Gas gilt ein eigenartiges, vielleicht überraschendes Gesamtgesetz. Ich kann es Ihnen freilich nur in sehr allgemeiner Form verständlich machen. Dazu schicke ich voraus, daß es bei den Gasen einen Zustand von ganz besonderer Eigenart gibt, den ich einen Zustand größter innerer Freiheit nennen möchte, und den wir der ganzen Natur der Dinge nach als den wahrscheinlichsten zu betrachten haben. Welches nun auch die Bewegung der Gasmolekeln in einem Augenblick

sein mag, sie mag noch so regellos und willkürlich erscheinen, sie mag vielleicht durch noch so starke äußere Erschütterungen oder sonstige störende Einflüsse entstanden sein, so hat doch das Gas, wenn es seiner eigenen Gesetzmäßigkeit frei überlassen bleibt, stets das Bestreben, von selbst wieder mehr und mehr in den genannten Zustand überzugehen. Lassen Sie uns einmal die anziehenden und abstoßenden Kräfte der Molekeln als freundliche und feindliche gegenseitige Beziehungen bezeichnen. Dann können wir sagen, daß trotz dieser Doppelnatur der Beziehungen der Gesamtverlauf unseres Prozesses doch stets mit einem durchaus positiven Einschlag vor sich geht. Und wiederum ist dieser positive Sondercharakter des Gesamtgesetzes ein Umstand, der für unser gedankliches Schließen aus dem dauernden Nebeneinander feindlicher und freundlicher Wirkungen keineswegs direkt ersichtlich ist. Momentgesetz und Gesamtgesetz können also durchaus heterogenen Charakter besitzen.

Momentgesetz, Gesamtgesetz und die sie verbindende mathematische Methode bilden also das Rüstzeug, mit dem wir das Naturgeschehen meistern. Drücken sich im Gesamtgesetz und Momentengesetz Eigenschaften der Außenwelt aus, so ist die Methode eine reine Schöpfung wissenschaftlichen Geistes. Sie ist das grundlegende rechnerische Hilfsmittel, das uns die Doppelnatur der Erscheinungen in ihrem gegenseitigen Zusammenhang verständlich macht. Die Frage liegt nahe, ob sich die Quelle, aus welcher der Mathematik diese Kunst entströmt, nicht aufzeigen läßt. Ich will versuchen es zu tun. Den Ausgangspunkt unserer Schlüsse bildet, wie wir sahen, das Momentgesetz. Betrifft es auch nur das Geschehen eines einzigen Zeitpunktes, so ist es doch in jedem Zeitpunkt in Geltung; die Art, in der sein unaufhörliches Wirken sichtbar und meßbar in die Erscheinung tritt, bildet Inhalt und Charakter des Gesamtgesetzes. Wie dieser Charakter sich formen und ausbilden kann, ist die Frage, die Sie aufwerfen. Die Antwort möchte ich in folgende Form kleiden. Qualitativ ist das Momentgesetz in allen Zeitpunkten naturgemäß das gleiche; quantitativ ist es trotzdem in jedem einzelnen Zeitpunkt im Allgemeinen anders bestimmt. So ist z. B. bei der Planetenbewegung die wirkende Anziehung in jedem Augenblick dem Quadrat der Entfernung von Sonne und Planet proportional, aber die Größe dieser Entfernung ändert sich doch während der Bewegung des Planeten von Moment zu Moment und damit auch die Größe der Kraftwirkung. Und diese Änderung, und die Art, in der sie vor sich geht, ist die Tatsache, auf die es in erster Linie ankommt. Denn die Art dieser beständigen quantitativen Änderung des Momentgesetzes schließt augenscheinlich die Entwicklungstendenz des Gesamtgesetzes in sich ein. Sie begleitet getreulich das gesamte Werden des Naturprozesses in

allen seinen Phasen und vermag so dem werdenden Gesamtgesetz seinen Stempel aufzudrücken. Das ist die grundlegende Beziehung, auf die es hier ankommt. Sie in ihrer genauen Art und Bestimmtheit qualitativ und quantitativ zu erfassen und dadurch den Übergang vom einen Gesetz zum anderen rechnerisch zu vollziehen, ist die Kunst des mathematischen Ansatzes. Er schließt das ein, was man die differentielle Methode nennt.

Dieser Methode kommt außer ihrem mathematischen Wert auch eine erkenntnistheoretische Tragweite zu. Das Momentangesetz erkannten wir als ein Kind unserer Phantasie; darin steckt zunächst das hypothetische, das unbeglaubigte unseres Wissens. Niemand hat die Gravitation von Sonne und Planet aufeinander gesehen. Niemand vermag die gegenseitige Anziehung und Abstoßung der Moleküle unseren Sinnen zugänglich zu machen. Der direkten Wahrnehmung entziehen sie sich. Sollen also diese unwahrnehmbaren Kräfte die theoretische Grundlage unseres wissenschaftlichen Weltbildes abgeben, so bedürfen wir eines Prüfsteins, der über ihren Erkenntniswert entscheidet. Ihn gerade kann die mathematische Methode liefern. Sie zeigt uns ja, ob das Gesamtgesetz, das wir mit ihr aus den von uns erdachten Annahmen des Momentangesehens ableiten, mit dem Gesamtgesetz übereinstimmt, das unsere Beobachtungen uns erkennen lassen. Sie erst entscheidet deshalb darüber, ob unseren Annahmen ein wissenschaftliches Bürgerrecht zusteht, sie erst bedingt ihren erkenntnistheoretischen Wert. Er wird umso höher einzuschätzen sein, je weiter der Arm unserer Annahmen nicht, je umfassender wir mit ihnen den Zusammenhang von Makrowelt und Mikrowelt begreifen. So vollzieht sich unser Naturerkennen unter beständiger kritischer Aufsicht und Kontrolle; gerade dadurch gewinnt es seine Sicherheit und seine Erfolge. Es war die mathematische Formel, die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts den Planeten Neptun entdeckte. Sie wies dem Fernrohr die Stelle, an der es unter der Fülle der ihn umgebenden Sterne den neuen Himmelskörper suchen sollte und fand.

Kein geringerer als Kant hat bekanntlich in Bewunderung dieser Methode den Ausdruck getan, in jeglicher Naturbetrachtung sei gerade nur so viel eigentliche Wissenschaft anzutreffen, als in ihr Mathematik enthalten sei. Freilich konnte sich dieser Ausdruck zu Kants Zeiten im wesentlichen nur auf die Physik beziehen; seitdem haben auch andere Zweige des Naturerkennens, wie besonders Chemie und Physiologie, die Förderung, die die differentielle Methode mit sich bringt, erfahren. Überall, wo es gelingt, die wissenschaftlichen Probleme den Beziehungen von Maß und Zahl zu unterwerfen, wird sie die gleichen Erfolge zeitigen

können; im Gebiet der sozialen Gesetzmäßigkeiten ist es bekanntlich bereits geschehen.

Aber meine Gedanken tragen mich weiter. Sollten die Schöpfungen mathematisch naturwissenschaftlichen Denkens, Momentangesetz und Gesamtgesetz, und ihre eigenartige Beziehung nicht auch jenseits des Wissensgebiets, das sie erschuf, unser Forschen erhellen können? Sollte nicht auch sonst Wirken und Walten, Entstehen und Vergehen nach ähnlichen leitenden Gedanken verstanden werden können? Das ist eine Frage, die mich des öfteren beschäftigt hat. Vielleicht freilich sind die Parallelen, für die ich Sie zu interessieren suchte, Ihrem eigenen wissenschaftlichen Forschen mehr oder weniger geläufig; dann hat es wohl immerhin noch Interesse, auf diese Parallelen Licht fallen zu lassen, das von meiner eigenen sachlichen Denkweise ausströmt.

Allererste Voraussetzung für die Übertragbarkeit unserer Denkweise auf andere Wissensgebiete ist naturgemäß die, daß auch diese Wissensgebiete die Annahme einer immanenten Regelmäßigkeit für Geschehen und Wirken zulassen. Und dies soll gerade auch für die geistige Welt gelten, für alle Gebiete, in denen die Ideen die Elemente des gegenseitigen Wirkens abgeben. Der Ablauf der historischen Geschehnisse, die Art, in der wissenschaftliche Auffassungen in der Menschheit sich formen, ja auch das Urteilen und Wirken der Einzelnen, soll also gemäß einer Art gesetzmäßiger Bedingtheit erfolgen. Das gesamte Wechselspiel der Ideen sollen wir uns ähnlich bestimmt denken, wie das Wechselspiel der Naturkräfte. Ich würde es verstehen, wenn Ihr momentanes Empfinden sich hiergegen aufbäumt; sind dies doch Vorstellungen, durch deren Konsequenzen Ihr Freiheitsbewußtsein sich bedroht fühlen kann. Zumal Sie, meine jungen Kommilitonen, denen freiheitliches Handeln und freies Wollen als köstlichstes Besitztum des inneren Menschen gelten, werden sich vielleicht sträuben, solchen Ausführungen zu folgen. Weil ich mit dieser Möglichkeit rechne, möchte ich sie nicht unerwähnt lassen. Es kann aber auch nicht meine Aufgabe sein, ihrer philosophischen Lösung näher zu treten; nur ganz beiläufig eins: Der Glaube des Einzelnen an seine persönliche Freiheit und die Überzeugung von dem Walten gedanklicher und historischer Notwendigkeiten haben stets friedlich neben einander bestanden. *) Jeden-

*) Vielleicht liegt eine Lösung im Folgenden. Der Mensch meint frei zu handeln wenn er es nur nach eigenem Entschluß tut, unter Ausschluß fremden Zwanges oder fremder Einwirkung. Das Resultat der eigenen Entscheidung ruht aber doch auf dem gesetzmäßigen Einwirken der Ideen auf einander, abhängig von ihrem besonderen Inhalt, und dem momentanen Inhalt des Bewußtseins. Daß die Phasen dieses Kampfes im Allgemeinen in unser Bewußtsein nicht eintreten, dürfte die Entstehung des Freiheitsgefühls stärken.

falls liegt diese Überzeugung heute jeglichem wissenschaftlichen Forschen zu Grunde, das sich das Begreifen der Weltvorgänge zum Ziele setzt. Es ist der Entwicklungsgedanke, der darin zum Ausdruck kommt und der uns heute ganz und gar in Fleisch und Blut übergegangen ist; auch er übrigens ein Gedanke, der in der Werkstatt naturwissenschaftlichen Schaffens zum Leben erstand. Seit Lamarck ihn für das Verständnis der biologischen Gesetzmäßigkeit zuerst aufgestellt hat, hat er auf dem Wege über Goethe, der ihm mit allen Fasern seiner Persönlichkeit ergeben war, über Herder und Hegel, in voller Bewußtheit alle Gebiete, die dessen fähig sind, durchdrungen. Seien es historische Geschehnisse oder soziales Werden, sei es die Entstehung von Sprache oder Religion, sei es die Geschichte der Kunst oder der Kultur — es gibt kein Arbeitsgebiet dieser Art, in dem er nicht die natürliche Grundlage des wissenschaftlichen Forschens bildet. Aber den Torheiten der Lebenden das unabänderliche Walten weltbauender Gesetze zu erkennen, ist nach Treitschke der historische edelste Segnung. Unmöglich aber könnte man zu Gesetzen von überzeugender Geltung gelangen, wenn man nicht den Grundsatz, daß gleiche Ursachen unter gleichen Umständen gleiche Wirkungen bedingen, auch im geistigen Gebiet als oberste Forderung allgemeiner Art an die Spitze stellte. Ja es will mir scheinen, als ob die Überzeugung von dem gesetzmäßig bedingten Wirken der Ideen die heutige Menschheit — vielleicht ohne direktes Bewußtsein, aber doch tatsächlich — mit stärkerer Kraft erfüllte, als der Glaube an die ausnahmslose Gesetzmäßigkeit der Naturkräfte. Gewiß haben Dichter und Denker aller Zeiten Macht und Siegeslauf der Idee gepriesen — im Glauben an die Unfehlbarkeit ihres Aufeinanderwirkens wird unsere Zeit kaum von einer anderen übertroffen.

Nach ewigen ehernen großen Gesetzen müssen wir alle unseres Daseins Kreise vollenden — diese Sentenz eines Goetheschen Verses erscheint also von selbst mit leuchtender Schrift an der Stirn eines jeden Wissensgebäudes, auch wenn unser Meißel die Buchstaben nicht absichtlich eingräbt.

Wo aber Gesetzmäßigkeiten des Geschehens und Werdens vorliegen, ist auch das doppelte Sein solcher Gesetzmäßigkeit unmittelbar gegeben; das Einzelgesetz des momentanen Geschehens, und das Gesamtgesetz, das langen Entwicklungsreihen gerecht wird, oder gar die Entwicklungstendenz von Ewigkeit zu Ewigkeit zu verstehen sucht. Aber der Parallelismus, der sich so zwischen dem naturwissenschaftlichen und dem historischen Erkennen ergibt, ist doch kein vollkommener. Die Stellung von Momentgesetz und Gesamtgesetz im allgemeinen Rahmen der Erkenntnis ist hier eine ganz andere, wie im mathematisch-naturwissenschaftlichen Denken.

Dort hatte das Gesamtgesetz eine unmittelbare Beziehung zur Erfahrung; es entsproß ihr entweder direkt, wie das Gesetz der Planetenbewegung, oder es konnte doch, wenn es rechnerisch gewonnen war, wie die Annäherungstendenz des Gases an den Zustand höherer Wahrscheinlichkeit, an der Hand der Erfahrung als richtig erwiesen werden. Das Momentangesez hingegen war, wie ich oben ausführte, unser eigenes Geschöpf; das Kind des väterlichen Intellekts und der mütterlichen Phantasie, frei erschaffen und nur der einen Bedingung genügend, zugleich auch zweckmäßig erdacht zu sein. Im Gebiet der geistigen und historischen Vorgänge ist es anders. Hier sind im Allgemeinen die Momentgesetze das empirisch gegebene; entspringen sie doch unserem eigenen unmittelbaren Erlebnis. Wir fühlen, von welchen Strebungen wir geleitet werden, wir haben ein unmittelbares Empfinden für das, was uns und andere zwingend bewegt. Wenn die Sozialwissenschaft in Angebot und Nachfrage die wesentlich bestimmenden Preisbildner erkennt, wenn Darwin den Kampf ums Dasein als vornehmstes Gesetz der biologischen Entwicklung aufstellt, wenn nach einem Schillerschen Wort das Getriebe der Welt durch Hunger und Liebe zusammengehalten wird, so sind dies Dinge, deren tatsächliche Geltung und deren momentangesezlicher Charakter von unmittelbarer Überzeugungskraft sind.

Es ist dagegen ein Gesamtgesetz des geistigen Werdens, wenn Treitschke sagt:*) Die Geschichte der geistigen Bewegungen ist eine fortwährende Umkehrung der alten Fabel vom Saturn; jede jugendliche literarische Richtung, die eine verlebte bekämpft und vernichtet, ist ein Kind ihrer Feindin; oder wenn er an einer anderen Stelle sich dahin ausdrückt, die Eroberungslust sei zu allen Zeiten eine Eigentümlichkeit der absoluten Monarchie gewesen.***) Im übrigen stehe ich, wenn ich Ihnen Gesamtgesetze der historischen oder geistigen Entwicklung von unbedingt anerkannter Geltung nennen soll, einer gewissen Schwierigkeit gegenüber; einer Schwierigkeit, die zunächst meiner persönlichen laienhaften Stellung zu den Geisteswissenschaften entspringt. Sie ist aber auch in den Dingen begründet. Im Gegensatz zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Erkennen sind es hier die Gesamtgesetze, denen ein mehr oder weniger hypothetischer Charakter aufgeprägt ist. Wenn es dem Historiker gelingt, lange Perioden der Geschichte intuitiv zu überschauen, wenn er dem roten Faden des Geschehens und seinen mannigfachen Verschlingungen zu folgen sucht, wird sich ihm eine Art Gesamtgesetz des historischen Werdens offenbaren. Aber die Art, in der er zu ihm kommt, ist subjektiv gefärbt.

*) Historische und politische Aufsätze, (2). S. 330.

***) ebenda, S. 557.

Nicht nur das Charakterbild eines Wallenstein schwankt in der Geschichte; auch die Urteile über ganze Perioden und ihre Entwicklungsgesetze sind bedingt durch Eigenart und Ideen, Kenntnisse und Standpunkt. Pessimismus und Optimismus pflegen sich grundverschiedene Weltanschauungen für die große Frage nach dem Wohin des allgemeinen Werdens zu bilden.

Wenn aber auch dem Gesamtgesetz und Momentengesetz hier eine andere Wertung zukommt, wie im mathematisch-naturwissenschaftlichen Erkennen, so bleibt doch das prinzipielle Verhältnis beider Gesetze zueinander bestehen. Es beruht auch hier darauf, daß jeglicher Entwicklungsprozeß ein einziger, ein einheitlicher ist. Mag es sich um Vorgänge der anorganischen Natur oder um die Schicksale der Menschheit handeln, immer haben wir in den beiden Gesetzmäßigkeiten die Doppelerrscheinung einer einzigen Entwicklung zu erblicken; sie machen, wenn auch in verschiedener Hinsicht, den Ablauf eines und desselben Weltgeschehens kenntlich. Auch unser Bild von der Makrowelt und Mikrowelt läßt sich vollinhaltlich auf das historische Werden übertragen. Die Menschenindividuen bilden die Mikrowelt; ihr Fühlen, Streben und Handeln, ihre Interessen und Neigungen bedingen die Momentengesetze des Lebens; die Geschehnisse der Makrowelt haben wir insbesondere in den lapidaren Völkerschicksalen vor uns, die den Inhalt der Jahrhunderte ausmachen. Und auch hier muß Gestaltung und Eigenart der Makrowelt aus dem differentiellen Wirken der Gesetze der Mikrowelt verstanden werden.

Freilich, es kann sich hier nur darum handeln, das Problem zu nennen und auf seine wissenschaftliche Eigenart hinzuweisen. Eine Methode, die von dem einen Gesetz zum anderen überleitet, ist den historischen Wissenschaften bisher nicht beschieden worden; insofern ist die naturwissenschaftliche Schwester günstiger gestellt. Es fehlt den Geisteswissenschaften deshalb ein sicherer Prüfstein, der über die Verträglichkeit beider Gesetze, oder wenigstens über die Wahrscheinlichkeit des Gesamtgesetzes entscheidet. Nur eins werden wir auch hier als richtig anerkennen dürfen; ein heterogener Charakter beider Gesetze braucht ihre Verträglichkeit nicht auszuschließen. Selbsterhaltung und persönlicher Vorteil bilden zweifellos die wesentlichen Grundlagen des Verhaltens von Mensch zu Mensch; sie stellen ein durchaus egoistisches Momentengesetz dar. Das Gesetz, das die Gesamtentwicklung der moralischen Ideen ausdrückt, hat dagegen eine völlig altruistische Tendenz. Hat doch das ethische Empfinden im Lauf der Jahrtausende den Wunderweg vom starren Egoismus des Naturzustandes zum kategorischen Imperativ Kants zurückgelegt. Durch differentielles Werden hat sich also trotz dauernd egoistischer Triebkräfte ein sittlich hoch-

wertiges Bewußtsein entwickelt; freilich, ein näherer Einblick in die Art des differentiellen Wirkens ist uns hier nicht gewährt.*)

Es drängt mich, Ihnen die Gedanken, die ich entwickelte, an einem Beispiel darzulegen, für das einem Jedem das Recht des Urteilens zugestilligt wird. Was liegt dafür, angesichts der Not der Zeit, näher, als die Frage nach den allgemeinen Gesetzen menschlicher Entwicklung. Auch möchte ich, in dieser Stunde, wo ich unsere studierende Jugend in größerer Zahl um mich sehe, eine Art Bekenntnis ablegen, das vielleicht ein Gegenwicht sein kann gegen die Wucht der zersetzenden Kämpfe des zeitigen politischen Lebens.

Eines der gewaltigsten und elementarsten Momentengesetze ist der Kampf ums Dasein, der Kampf Aller gegen Alle, der stete Kampf um die eigene Existenz und Betätigung. Ein Kampf, von dem wir eben erst erfahren mußten, daß er die rauhesten Formen anzunehmen vermag. Schon Heraklit hat den Kampf als Grundgesetz der Entwicklung hingestellt. Der Kampf ist nach ihm der Vater aller Dinge; in diesen Worten scheint mir aber bereits eine leise Wendung zu einem Gesamtgesetz enthalten zu sein, zu einem Gesamtgesetz von durchaus freundlicherem Charakter. Ich möchte es so kennzeichnen, daß auch die Herrschaft des Eros sich nur durch das Mittel des Eris durchsetzen kann. Der Kampf erscheint danach nicht als Selbstzweck, sondern nur als eine notwendige Durchgangsform, als das naturgemäße Mittel, um durch den Ausgleich feindlicher Gegensätze eine ideelle Harmonie der Verhältnisse herbeizuführen. Ganz ähnlich wie ein Gas durch den dauernden Ausgleich der feindlichen und freundlichen Strebungen seiner Einzelwesen der Tendenz folgt, sich trotz stärkster Erschütterungen und Störungen immer wieder dem Idealzustand zu nähern. Auch der Darwinsche Scharfblick stellte ja neben den Kampf ums Dasein ein Gesamtgesetz durchaus positiver Tendenz, die biologische Zweckmäßigkeit der Lebewesen und ihrer Entwicklung. So wird es Sie nicht überraschen, wenn ich auch das allgemein geistige Gesamtgesetz menschlicher Entwicklung mir positiv bestimmt vorstelle; die allmähliche Mehrung und Stärkung der Ideen, die berufen sind, dem leiblichen und seelischen Wohlergehen der Menschheit zu dienen, möchte ich als einen Teil seines Inhalts hinstellen.

Zunächst einmal hoffe ich, es gelang mir, Sie zu überzeugen, daß jedenfalls der brutale Charakter des momentanen Kampfgesetzes den so

*) Soweit ich dies beurteilen kann, finden sich in Spenglers „Untergang des Abendlandes“ etwas ähnliche Gedankenreihen. Der Gegensatz zwischen Kausalität und Schicksal scheint mir jedenfalls teilweise auf ähnlichem Grunde zu ruhen, wie der zwischen Momentgesetz und Gesamtgesetz.

ganz anders gearteten Charakter des Gesamtgesetzes nicht ausschließt. Sie verlangen auch nicht, daß ich Ihnen sichtbarlich vor Augen führe, wie durch das beständige differentielle Wirken des einen das andere allmählich zur Tatsache wird. Ich fühle mich aber doch verpflichtet, meine optimistische These mit einigen Erwägungen anderen Ursprungs zu stützen. Stehen wir doch inmitten von Weltvorgängen, die auch das Denken bevorzugter Köpfe nach ganz anderer Richtung gezogen haben. Aber ich erinnere Sie daran, daß auch die besten und edelsten Ideen sich nur durch erbittertsten und langwierigen Kampf ihren Platz im Werden der Weltanschauungen erobern haben. Immer, wo Menschen um Meinungen sich zerfleischen, sagt ein hochsinnig denkender Historiker, da geschah es, weil das unterdrückte Denken mit leidenschaftlicher Wildheit das alte Joch zerbrach. Und unser heutiges Sein und Erleben fällt ja gerade in eine Zeit, in der solche Ideen, Ideen von altruistischer Färbung, sich durchdringen.

Keine dieser Ideen geht in der Kontinuität des historischen Empfindens dem Menschheitsbewußtsein wieder verloren, wenn sie ihm erst einmal angehört hat. Ihre Existenz und überzeugende Macht nehme ich als die Zeugen für mein vertrauensvolles Denken. Darf ich mit einem Wort philosophischer Färbung schließen, so scheinen es mir gerade diese Idealbegriffe zu sein, in denen die Tendenz des höchsten Gesamtgesetzes menschlicher Entwicklung unserem Bewußtsein sich schrittweise offenbart. Sie sind es vielleicht, die uns gestatten, die Art dieses Ewigkeitsgesetzes wenigstens ahnend zu empfinden.

Ich bin am Ende meiner Darlegungen. Der Sonderzweck, auf den ich hinwies, mag mir Ihre Nachsicht dafür sichern, daß ich mich stark im abstrakten bewegt habe. Die Zeit sucht an Härte und Not ihresgleichen. Und gerade deshalb ist es uns nötig, wieder an den allmählichen Sieg der Vernunft zu glauben, an den Sieg der Vernunft, die in den Dingen steckt, über den Unverstand, der noch in den Köpfen steckt. Freilich, ein solcher Wandel kann sich nicht über Nacht durchsetzen! hat es doch nach dem unglücklichen Ausgang der Kriege von 1806 und 1807 noch drei volle Jahre gedauert, ehe ein Sichte erstand und durch seine Reden an die deutsche Nation die Abkehr von der Selbstsucht und die Umkehr zur Selbstsucht in das Innere seiner Hörer einpflanzte! Und was hätten wir Alle, die wir unser Sein und Arbeiten in den Dienst der Wissenschaft gestellt haben, nötiger, als Vertrauen in die Tage, die vor uns liegen. Vor allem aber Sie, die Studierenden unserer Hochschule. Sie vor Allem wollte ich mit Überzeugungen erfüllen, die Ihnen den Entschluß: Arbeiten und Hoffen, erleichtern.

Bisher erschien in der Sammlung Frankfurter Universitätsreden:

I. Prof. Dr. G. Rünzel: Kaiser Wilhelm II. und das Zeitalter der deutschen Erhebung von 1813	Preis M. 1.—
II. Prof. Dr. G. Freudenthal: Franz Adikes . . .	" " 1.—
III. Prof. Dr. L. Pohle: Die neuere Entwicklung des Zinsfußes und der Einfluß des Weltkrieges auf seinen Stand	" " 1.—
IV. Prof. Dr. H. v. Arnim: Ein altgriechisches Königsideal	" " 1.—
V. Prof. Dr. H. v. Arnim: Gerechtigkeit und Nutzen in der griechischen Aufklärungsphilosophie . .	" " 1.—
VI. Prof. Dr. Ph. Stein: Wilhelm Merton . . .	" " —.80
VII. Prof. Dr. Rudolf Kautsch: Der Begriff der Entwicklung in der Kunstgeschichte	" " 1.—
VIII. Dr. Albrecht Bethe: Aufgaben der Physiologie während und nach dem Kriege	" " 1.20
IX. D. Erich Soerster: Was wir unsern Gefallenen schuldig sind	" " 1.20
X. Prof. Dr. Rudolf Kautsch: Die bildende Kunst der Gegenwart und die Kunst der sinkenden Antike	" " 2.75
XI. A. Schoenflies: Über allgemeine Gesetzmäßigkeiten des Geschehens	" " 2.50
XII. Dr. Max Ernst Mayer: Macht, Gewalt und Recht	" " 2.50