Zeitschrift: Entretiens sur l'Antiquité classique

Herausgeber: Fondation Hardt pour l'étude de l'Antiquité classique

Band: 26 (1980)

Artikel: Der Wandel der Auffassung von der antiken Naturwissenschaft und ihres Bezuges zur modernen Naturforschung

Autor: Krafft, Fritz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-660985

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: 03.07.2025

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

VII

FRITZ KRAFFT

DER WANDEL DER AUFFASSUNG VON DER ANTIKEN NATURWISSENSCHAFT UND IHRES BEZUGES ZUR MODERNEN NATURFORSCHUNG

Eine Darstellung der Geschichte der Historiographie der Naturwissenschaften fehlt bisher. Es gibt zwar eine Reihe von Spezialstudien über einzelne Wissenschaftshistoriker und einzelne — meist weiter zurückliegende — begrenzte Zeitabschnitte der Wissenschaftsgeschichtsschreibung (vorwiegend einzelner Disziplinen) [1*], aber die jüngere Historiographie ist weitgehend unerforscht. Das gilt selbst für die nationale Historiographie solcher Länder, in denen — wie in der UdSSR [2] — mit grossem personellen Aufwand und ohne Lehr- und Rechtfertigungsbelastung die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik erforscht werden kann. Die noch nicht bewältigten Aufgaben der Naturwissenschafts- und Technikgeschichte sind so umfangreich, dass eine Besinnung auf die eigene Geschichte — deren Notwendigkeit für die vom Wissenschaftshistoriker behandelten naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen andererseits von ihm zur Rechtfertigung seines eigenen Forschens und Lehrens mit angeführt wird — umfassend bisher nicht erfolgen konnte.

* Notes en fin de chapitre.

Die in ihrer Institutionalisierung sehr junge Disziplin der Wissenschafts- und Technikgeschichte [3], die aber auf eine sehr alte Tradition zurückblicken kann, sieht sich in der Selbsteinschätzung dabei mehr als eine der Naturwissenschaften (Erfahrungswissenschaften), in denen das eigene 'historische Bewusstsein' bekanntlich im Laufe des 19. Jahrhunderts verloren gegangen ist, so dass fachhistorische Studien den Mitgliedern der eigenen 'scientific community' eigentlich nur noch jenseits der kreativen Phasen im Emeritierungsalter zugebilligt werden, denn als eine der Geisteswissenschaften, in denen die historische Selbstbesinnung immer noch zu den legitimen und zur Bestimmung des eigenen Standpunktes erforderlichen Aufgaben gehört. Die Loslösung der naturwissenschaftlichen Erfahrungswissenschaften von Theologie und Philosophie, gern als ihre Emanzipation von Theologie beziehungsweise Philosophie bezeichnet, erstere in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eingeleitet, letztere als anfangs kaum gewolltes, dann im Kampf um die eigene Rechtfertigung im Bildungssystem durch die bewusste Abgrenzung insbesondere gegen die sog. Romantische Naturphilosophie als sich selbst gestecktes Ziel am Ende des 19. Jahrhunderts erreicht, hatte zur Folge, dass nichts als das 'positive' Wissen noch etwas zählte — und das ist das mit den exakten Methoden der jeweiligen Gegenwart erbrachte, möglichst quantifizierbare Wissen. Daraus ergab sich eine Polarisierung, die vom Neuhumanismus insbesondere seit dem Ersten Weltkrieg aus Mangel an Kenntnis antiker Naturwissenschaft und Mathematik und ihrer Rolle [4] für das Entstehen und die Frühgeschichte neuzeitlicher Naturwissenschaft und fast schon gegenüber den Ansprüchen der 'positiven' Wissenschaften resignierend als spezifische Geisteshaltung der Neuzeit bezeichnet und hingenommen [5], von C. P. Snow treffend (wenn auch in der Herleitung und Begründung nicht zutreffend) als die « two cultures » [6] charakterisiert wurde, die zwangsläufig das Entstehen der Naturwissenschafts- und Technikgeschichte als

eigenständiger wissenschaftlicher Disziplinen nach sich zog, weil Naturwissenschaften und Technik ihre eigene Geschichte als Objekt einer antiquarisch-musealen Beschäftigung mit Überwundenem betrachteten, das ausserhalb ihrer Aufgaben und Zielsetzungen läge, insbesondere, wenn das Wissen der Vergangenheit nicht als direkte Vorstufe der jeweils eigenen Erkenntnisse aufgefasst werden konnte.

Dass aufgrund dieser Einschätzung insbesondere aus der griechisch-römischen Antike nur weniges einer Betrachtung würdig erschien, ist aus der Geisteshaltung der induktivistisch-positivistichen Naturwissenschaft des 19. Jahrhunderts mit ihrem mechanistischen Weltbild heraus verständlich ; und eine intensivere Beschäftigung mit antiker Naturwissenschaft in jüngerer Zeit ist deshalb sicherlich auch mit darauf zurückzuführen, dass das naturwissenschaftliche Weltbild und insbesondere die physikalischen Betrachtungsweisen sich selber grundlegend gewandelt haben und der Physiker sich bei der Grundlagendiskussion, die wieder erforderlich geworden ist, wiederum vor ähnliche ungelöste Probleme gestellt sieht, wie sie bereits die antiken 'Physiker' diskutiert hatten, wie sie das 19. Jahrhundert aber meinte, für alle Zeiten gelöst zu haben. Max Planck war ja noch zu Beginn seines Physikstudiums (1875-1879 in München und Berlin) von dem Münchner Physiker Philipp von Jolly vom Studium der Physik abgeraten worden, weil es viel Neues hier nicht mehr zu entdecken gäbe — und gerade er hat wesentliche Beiträge zur Entstehung der Neuen 'nicht-klassischen' Physik geliefert [7].

Das Erlebnis dieses Umbruchs und die damit verbundene Verunsicherung hat eine Reihe von Naturwissenschaftlern auch wieder der Geschichte ihres Faches zugeführt — zu nennen wären von jenen, die selber die neuen erkenntnistheoretischen Grundlagen mit vorbereiteten, in erster Linie Pierre Duhem, Wilhelm Ostwald, Ernst Mach — und hat andererseits die bescheidenen Ansätze zu einer selbständigen Disziplin Naturwissenschaftsgeschichte gefördert, aber auch die

inzwischen fast übermächtig gewordene philosophische Disziplin der Erkenntnistheorie in positivistischem Gewande als Forschungsmethodologie unter den Namen Forschungstheorie, 'Philosophy of Science', Wissenschaftstheorie und anderen aufblühen lassen, die wiederum anti-historisch waren und sind [8], weil die *gegenwärtige* Forschungsmethodologie *einer* (Ideal-) Wissenschaft, wie im Positivismus als Muster und Norm genommen, den Massstab bilden sollte, der alles Abweichende als nicht- oder vorwissenschaftlich erscheinen liess. Die Kritik daran wurde allerdings erst beachtet, als sie auch aus den eigenen Reihen laut wurde, als auch in der wissenschaftlichen Praxis, sei es der Gegenwart (als Naturwissenschaftler) sei es der Vergangenheit (als Wissenschaftshistoriker), erfahrene 'Wissenschaftstheoretiker' aufweisen konnten, dass naturwissenschaftliche Forschung so, wie es diese normierenden Idealmethodologien der Wissenschaftstheorie vorgeben, nicht vorgeht und nie vorgegangen ist [9].

Insbesondere die Frage, ob die Naturwissenschaften allein kumulativ anwachsen und sich geradlinig methodisch und theoretisch vervollkommen — so dass, streng genommen, schon die Wissenschaft von gestern nur ein vorwissenschaftliches Stadium der Naturwissenschaften von heute sein müsste— oder ob es mehrere grundlegend verschiedene und unterschiedliche Wissenschaft*en* in zeitlicher Abfolge gegeben hat, voneinander getrennt durch Umbrüche in der Betrachtungsweise ('wissenschaftliche Revolutionen'), kann aufgrund der ausgleichenden Angleichung beider Positionen (dort Karl Popper, hier Thomas S. Kuhn) heute eigentlich nicht mehr alternativ mit 'entweder/oder' als vielmehr nur noch mit einem 'sowohl/als auch' beantwortet werden [10]. Das macht auch von wissenschaftsgeschichtlich orientierter wissenschaftstheoretischer Seite her eine Beschäftigung mit der antiken Naturwissenschaft wieder interessant [11].

Für die Wissenschaftsgeschichte war Begriff und Inhalt einer 'wissenschaftlichen Revolution', wie er seit Thomas S.

Kuhns Buch von 1962 in der Wissenschaftstheorie so heftig diskutiert wird, auch nichts Neues gewesen [12]. Sie waren nur durch die positivistisch orientierten Naturwissenschaftshistoriker, die selber Erkenntnistheoretiker und Naturforscher gewesen waren und die Geschichte der Naturwissenschaften aus dieser Sicht selektiv zur historischen Rechtfertigung ihres eigenen Standpunktes (also als eine Art umfassende 'Fallstudie') während der erwähnten Umbruchsituation benutzt hatten — wie insbesondere Pierre Duhem [13], Henri Poincaré, Wilhelm Ostwald, Ernst Mach — verdrängt worden ; und aus diesen bereits entsprechend selektierten wissenschaftshistorischen 'Quellen', die der Darstellung eines geradlinig kumulativen und logisch-rationalen Verlaufs insbesondere der exakten (Natur-)Wissenschaften dienten, hatten die neopositivistischen Wissenschaftslogiker und ihre Nachfolger, die das rational-logische Moment als für die Entwicklung (den *Fort*schritt) der Wissenschaften allein massgebend betrachteten, ihre historische Rechtfertigung genommen. Bei einem ihrer Epigonen, dem Physiker Edmund Hoppe [14], hatte sich bereits 1928 Hans Schimank gegen diese Darstellungsweise gewendet [15], die allein aus der Sicht und mit den Massstäben der jeweils gegenwärtigen Kenntnisse und des jeweils gegenwärtigen Methodenbewusstseins, auf die hin gerichtet der Fortschritt erfolge, selektiv verfährt (hierbei das teleologische Denken der deshalb angeblich 'vorwissenschaftlichen' Phasen selber vollführend). — Im Englischen hat sich nach der Kritik durch den Historiker Herbert Butterfield [16] dafür der Ausdruck « Whig Interpretation of the History » (« Whiggism ») eingebürgert.

Demgegenüber hat sich — nicht zuletzt aus der Kritik an dem philosophischen Vorverständnis dieser Geschichtsbetrachtung und ihrer Ergebnisse heraus erwachsen — im Westen allmählich eine mehr Leopold Rankes Epochenbegriff verpflichtete Erforschung der Geschichte der Naturwissenschaften herausgebildet, die neben der objekt- und/oder methodenbedingten Kontinuität auch die Diskontinuität im

Ablauf der Geschichte der (Natur-)Wissenschaften und der Mathematik und die Individualität ihrer einzelnen Abschnitte [17] als Teile eines jeweils bestimmten und bestimmenden 'historischen Erfahrungsraumes' [18] betont. « Diesen Weg wird man in Zukunft einschlagen müssen, wenn man die Unfruchtbarkeit der heutigen Wissenschaftstheorie überwinden will », wird von Paul Feyerabend selbst für diese eingeräumt [19]; doch auch die Naturwissenschafts*geschichte* hat dieses Ziel noch nicht erreicht.

Die Übergangsphase wird gut etwa durch den grossen belgisch-amerikanischen Wissenschaftshistoriker George Sarton (1884-1956) repräsentiert [20], dessen nicht mehr weitergeführte zwei Bände der *A History of Science* von 1952 und 1959 [21], die sein Lebenswerk wenigstens für die vorchristliche Antike zusammenfassen, gleichzeitig die Schwierigkeiten deutlich vor Augen führen, die die Stoffbewältigung selbst für eine einzelne Epoche noch bereitet — obgleich hier nicht einmal auf die technischen Details der mathematischen Theorien eingegangen wird. Dieser Versuch, das bis dahin angesammelte Detailwissen [22] in den Griff zu bekommen, muss als gescheitert angesehen werden — wenn es auch lange Zeit dauern wird, bis er übertroffen werden kann.

Die Situation der 'bürgerlichen' Wissenschaftstheorie forderte dann auch eine 'marxistische' Wissenschaftstheorie heraus. Hatte die positivistische und neopositivistische Position noch als durch die Klassiker Karl Marx, Friedrich Engels und Wladimir Iljitsch Lenin widerlegt gegolten, so dass eine eigene, nicht-idealistische Wissenschaftstheorie nicht erarbeitet zu werden brauchte, da die sozio-ökonomischen Gesetzmässigkeiten des den Fortschritt beinhaltenden Klassenkampfes auch für das sozio-ökonomische Unternehmen 'Wissenschaft' gelten sollten, so musste die mehr die 'externen' (häufig fälschlich als 'irrational' klassifizierten) Einflüsse berücksichtigende neuere 'bürgerliche' Wissenschaftsforschung als teilweise in Bereiche des (dialektischen und historischen) Marxismus eindringend

und ihn verfälschend aufgefasst werden. Eine Verquickung der genuinen sozio-ökonomischen Ursachen mit ausgesprochen *idealistisch*-rationalen Elementen der Wissenschaften drohte die *materialistische* Grundposition zu untergraben. Hatte die marxistische Wissenschaftsforschung sich bis dahin begnügt, ein quantitatives Mass für das als sozio-ökonomisch bedingt postulierte und als Fortschritt angesehene 'Wachstum' der Wissenschaften zu finden (Wissenschaft von der Wissenschaft, Wissenschaftswissenschaft) [23] — was inzwischen Eingang auch in die westliche Wissenschaftsforschung genommen hat [24] und sich (wenn es nicht als Selbstzweck getrieben wird) als brauchbares heuristisches Mittel erwiesen hat —, so sind die sechziger und siebziger Jahre gefüllt mit Versuchen zu einer spezifisch marxistisch-leninistischen Wissenschaftstheorie, deren Gegenstand « die Gesetzmässigkeiten der Struktur, der Organisation, der Funktionsweise und der Entwicklung des sozio-ökonomisch determinierten Systems der Wissenschaft » [25] seien [26]. Aufgrund der daraufhin intensivierten wissenschaftshistorischen Forschung ist — zumindest in der DDR — inzwischen eine von den theoretischen Forderungen Abstriche machende Ernüchterung eingetreten, was natürlich nicht besagt, dass das durch die Klassiker vorgegebene Dogma einer allein sozio-ökonomisch determinierten fortschrittlichen Wissenschaftsentwicklung aufgegeben werden müsste. [27] Es werden jedoch andere Faktoren wenigstens als Zusatzbedingungen zunehmend diskutiert und anerkannt.

Die marxistische Wissenschaftsgeschichtsschreibung legitimiert sich ja gerade bezüglich einer Beschäftigung mit der antiken Naturphilosophie und Naturwissenschaft von Karl Marx, der in seiner Dissertation die « Differenz der demokritischen und epikureischen Naturphilosophie » behandelt hatte, und Friedrich Engels [28] her. Sie betont einerseits den « Materialismus » der Atomisten als die Begründung modernen Materialismus — und damit der neuzeitlichen Naturwissenschaft (?) [29] — und muss deshalb die Anti-Demokriteer Platon

und Aristoteles als « Idealisten » verurteilen — und sieht andererseits in den « Dialektikern » (Heraklit), Platon und Aristoteles (neben Hegel) die verehrungswürdigen Ahnherren ihrer eigenen « dialektischen » Methode. Aber : « Allerdings heisst materialistische Anschauung weiter nichts als einfache Auffassung der Natur so, wie sie sich gibt, ohne fremde Zutat, und daher verstand sie sich bei den griechischen Philosophen ursprünglich von selbst » [30], und schon W. I. Lenin bescheinigte der aristotelischen Kritik der platonischen Ideenlehre « materialistische Züge » ; der Idealismus des Aristoteles sei « objektiver und *entlegener*, *allgemeiner* als der Idealismus Platons und darum in der Naturphilosophie öfter = Materialismus » [31]. Bleibt nur der Idealist Platon ; und Idealismus habe nichts mit Wissenschaft gemein [32]. — Diese Belege bei den 'Autoritäten' liessen sich beliebig vermehren, es sind jedoch diejenigen ausgewählt worden, die in der marxistischen Literatur immer wieder angeführt werden. Soweit sie mit zur Rechtfertigung der Beschäftigung mit antiken Philosophen und Naturforschern im Rahmen des historischen Materialismus dienen, ist das zwar für eine *wissenschaftliche* Untersuchung nach der christlichen Scholastik ungewöhnlich, aber über eine Verengung des Blickwinkels hinaus nicht unbedingt schädlich ; das werden die als Dogmen verwendeten Sätze der Klassiker erst, wenn ausschliesslich *sie* anstelle der Ergebnisse von Detailuntersuchungen argumentativ verwendet werden.

Aber man sollte sich davor hüten, andere als marxistische Historiographie für unvoreingenommen und vorurteilsfrei zu halten ; sie ist nur heute nicht mehr einer *einheitlichen* und dogmatischen 'Ideologie' unterworfen, und in dem 'Vorurteils'-*Pluralismus* der westlichen Wissenschaftsgeschichtsschreibung und -forschung hat eine marxistische durchaus einen legitimen Platz, wenn sie wissenschaftlichen Kriterien genügt und wenn bedacht wird, dass die Klassiker des Marxismus-Leninismus selber einem bestimmten 'historischen Erfahrungsraum' entstammen, der heute nicht mehr existiert.

Die relativ schlechte Quellenlage bezüglich der sozio-ökonomisch wohl weitgehend vergleichbaren mittelmeerischen Hochkulturen und des frühen und klassischen Hellenentums ist allerdings nicht geeignet, sie zum Beweis orthodoxer marxistischer Thesen für die *Ursachen* und *Gründe* für das Entstehen und 'Stagnieren' von Mathematik und Naturwissenschaft (-philosophie) gerade in *einem* Teil dieses Kulturraumes anzuführen. Aber gerade deshalb ist der Spekulationsspielraum so gross und reizt immer wieder zu grossangelegten Versuchen einer historischen Bestätigung jener Thesen, die in derselben Zeit als Antithesen zu denen des Positivismus entstanden, die ebenfalls zu Versuchen einer historischen Bestätigung und Rechtfertigung in der Vergangenheit der Naturforschung führten, die, wie die wissenschaftstheoretische Diskussion zeigt, keinesfalls bereits überwunden sind. Werden hier die innerwissenschaftlichen (internen, internalistischen) rationalen Momente überbetont, so sind es dort die ausserwissenschaftlichen (externen, externalistischen), die allerdings einseitig im sozio-ökonomischen Bereich gesehen werden, dessen Elemente dann statt als Bedingungen (Arbeitsteilung) als Kausalursachen der Entstehung und Entwicklung von Wissenschaft und deren *Determinanten* (identische Entsprechung von äusserlichen sozio-ökonomischen Systemen bzw. Idealen und inhaltlichen wissenschaftlichen Systemen) angesehen werden [33].

Es sei nur eine der unterschiedlich bewerteten Komponenten herausgegriffen, die Sklavenhaltung. Hier hat immerhin die marxistische Doktrin — die einerseits die Sklavenhaltung der Griechen (nicht dagegen in den anderen mittelmeerischen Hochkulturen einschliesslich des Römischen Reiches) für das Entstehen und die Formen griechischer Wissenschaft, andererseits aber auch für deren Stagnation und den Mangel an *technischen* Fortschritten verantwortlich macht — nach einer Verharmlosung und Beschönigung im Rahmen des an der *Klassischen* (vorbildlichen) Antike orientierten Neuhumanismus [34] zu einer

intensiven Erforschung des griechisch-römischen Sklaventums geführt [35]. Dabei hat sich inzwischen ergeben, dass sowohl die marxistischen Vorstellungen vom Ausmass der Sklavenhaltung zu reduzieren sind und andererseits die Thesen zur kausalen Verknüpfung von 'Sklavenhaltermentalität' und naturwissenschaftlichem und technischem Denken und Handeln nicht nur nicht stichhaltig, sondern durch quellenmässig belegbare Details zu widerlegen sind [36]. Eine marxistische Deutung des neuen oder neu ins Spiel gebrachten Materials ist bisher nicht erfolgt. — Übrigens ist die These, nach der die antike Sklavenwirtschaft für den angeblich mangelnden technischen Fortschritt der griechisch-römischen Antike — im Gegensatz zur Renaissance und frühen Neuzeit, die die antike Naturwissenschaft doch übernommen und fortgeführt hätten — verantwortlich sei, nicht spezifisch marxistisch; sie findet sich früh auch etwa bei Hermann Diels [37] als Erklärung des generellen Unterschieds der Rolle (nicht der Erfindungen, sondern) der Technik in Antike und Renaissance:

> « Eine... Ursache der geringen Ausbreitung der technischen Entdeckungen im Altertum liegt in der antiken Sklavenwirtschaft, die sich bei der Verachtung des Handwerks in den Industriezentren Griechenlands wie der römischen Welt immer mehr in den mit Sklaven betriebenen Fabriken konzentrierte und die freie Arbeit beschränkte. So fehlte der Antrieb, die Maschine zum Ersatz der Handarbeit auszubilden. »

Hier wird einfach die Wechselbeziehung von Naturwissenschaft und Technik, wie sie erst im 19. Jahrhundert wirksam wurde, als notwendige Bedingung anachronistisch auf die Verhältnisse der Antike übertragen, andererseits die aus der Abwehrhaltung des Neuhumanismus gegen die seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts auch im Bildungsbereich übermächtig werdenden 'Realwissenschaften' verständliche Betonung von Äusserungen Platons und insbesondere von neuplatonischen Philosophen 'gegen' Handwerk und Technik

ins Feld geführt — willkommene Interpretationselemente für den Marxismus, die aber nur aus der Situation der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert und der unmittelbaren Nachkriegszeit nach 1918 insbesondere in Deutschland heraus erklärlich sind. Auch hier sind inzwischen die 'programmatischen' Äusserungen in ihren Zusammenhang gestellt und aus ihm heraus richtiger gedeutet worden [38].

Die Diskrepanz zwischen der Ablehnung des wissenschaftlichen Experimentes als (heuristischen) menschlichen Eingriffs in den natürlichen Ablauf seit Platon — in der Regel als die allgemeine griechische Einstellung deklariert und als Ursache für die naturwissenschaftliche und technische Stagnation angeführt — und der aus den Schriften der Mechaniker und Techniker zu belegenden experimentellen Verfahrensweise und Betätigung [39] — die dann meist verschwiegen wird —, erklärt sich nicht aus der Ablehnung einer eigenen handwerklichen Betätigung (Platon konstruierte und baute z.B. selber eine mechanische Weckeinrichtung), sondern aus den unterschiedlichen Aufgabenstellungen einer « Wissenschaft von der Natur » und einer Mechanik als 'Kunst' (Technik : μηχανικὴ τέχνη) [40], denn greift der Mensch hiernach 'künstlich' in den (spontanen) Ablauf der Natur ein, kann er nur noch 'Künstliches' (künstlich Verursachtes [41]) betrachten und erfassen, nicht mehr *Natur*wissenschaft treiben. Diese Einstellung hat sich seit Galileo Galilei grundlegend geändert; ein mechanischer Eingriff gilt nicht mehr als « widernatürlich » (παρὰ φύσιν im Gegensatz zu κατὰ φύσιν), die antike 'Kunst' Mechanik wird damit zu einer 'Physik' (*Natur*wissenschaft) und kann gleichzeitig das in der 'Mechanik' der Antike weit vorgeschrittene Stadium der Quantifizierung und das Experiment [42] in die bis dahin qualitative 'Physik' übernehmen [43]. 'Mechanik' ist also im neuzeitlichen Verständnis etwas anderes als für die Antike [44] (und das lateinische Mittelalter); bevor das nicht beachtet wurde, mussten antike Aussagen über 'Naturwissenschaft' einerseits und 'Mechanik'/'Technik' andererseits als

dasselbe betreffend missdeutet und als widersprüchlich empfunden werden.

Ähnliches betrifft auch die 'Mathematik' der Antike, d.h. die Disziplinen der « angewandten Mathematik » (Astronomie, Optik, technische Mechanik, Harmonielehre), die in der empirischen Naturforschung seit Aristoteles keine aitiologischen 'Natur'-*Wissenschaften* waren, sondern als akzidentelle Vorgänge approximativ und axiomatisch numerisch und geometrisch beschreibende Verfahren mittels 'mathematischer *Künste*' (aufgrund unterlegter 'Hypothesen') galten [45]. Dass diese Auffassung der naturwissenschaftlichen Methode des Positivismus sehr nahe kam, hat dazu verführt, auch in diesen mathematischen Hypothesen der Antike zur « Rettung » der Phänomene (σώζειν τὰ φαινόμενα), welche die naturwissenschaftlichen Prinzipien nicht oder nicht ohne weiteres ergaben (wiedergaben), ein *naturwissenschaftliches* Verfahren der Antike zu sehen [46]. Eine Vereinigung von 'Physik' und 'Mathematik' in antikem Sinne zu einer 'mathematischen Naturwissenschaft' (noch auf der Basis aristotelischer 'Physik') erfolgte aber erstmals durch Nicolaus Copernicus [47], während 'Physik' im modernen Sinne als Verknüpfung der seit der Antike getrennt ausgebildeten Komponenten (Philosophie, Empirie/Experiment, Mathematisierung) erst in einem langen Prozess seit Beginn der neuzeitlichen Naturwissenschaft im frühen 19. Jahrhundert entstand [48].

Die Grundlagendiskussion war daraufhin aus der Physik als 'positiver', exakter Wissenschaft ausgeklammert und der Philosophie belassen worden, aus der die Erfahrungswissenschaften sich emanzipatorisch ausgegliedert hatten — beschleunigt insbesondere in Deutschland als Reaktion gegen die Überbetonung des spekulativen Elements in der idealistischen Philosophie in der Nachfolge Immanuel Kants, der diese « exakten Naturwissenschaften » argumentativ und erkenntnistheoretisch begründet hatte, und in der romantischen Naturphilosophie.

Eine Folge dieses Prozesses war, dass die 'Naturwissenschaft' des Aristoteles von den Fachwissenschaftlern und fachwissenschaftlich orientierten Wissenschaftshistorikern als spekulativ-deduktive 'Philosophie' abgetan (die Biologen, die noch bis Charles Darwin weitgehend 'Aristoteliker' waren, sind davon auszunehmen [49]) — und von den Philosophiehistorikern als 'Naturwissenschaft' (noch im älteren Sinne) nicht mit behandelt wurden. — So resumiert etwa August Heller [50] für die Geschichte der Physik, die er im eigentlichen Sinne mit Aristoteles als demjenigen, der « an Stelle der unzusammenhängenden einzelnen Bemerkungen über verschiedene Gegenstände der Natur zum erstenmale ein festes System wissenschaftlicher Kenntnisse » (S. 40) gesetzt habe, beginnen lässt (S. 39/74) :

> « Es gab eine Zeit, in der dieser Name [*sc.* Aristoteles] mit dem Begriff Wissenschaft untrennbar verbunden war, in welcher die Werke des stageirischen Philosophen für das profane Wissen ebenso die Urquelle abzugeben hatten, als die Bibel für das theologische. Und als endlich die Zeit hereinbrach, in welcher man mit dem blinden Autoritätsglauben aufräumte und in der Naturwissenschaft als unbestreitbare Quelle der Wahrheit die Erfahrung hinstellte, da entstanden weithin fühlbare, durch die ganze Gelehrtenrepublik sich erstreckende Erschütterungen, als wenn mit der Wissenschaft des Aristoteles die Wissenschaft selbst bedroht sei... Am tiefsten war wohl das Ansehen des Philosophen von Stageiros im 18. Jahrhundert gesunken, bis das Auftreten Lessing's und der grossen deutschen Philosophen des 19. Jahrhunderts die Bedeutung des Aristoteles in das richtige Licht zu stellen begannen. Jedoch sind selbst heute [1882] noch die Meinungen über die Bedeutung unseres Philosophen für die Geschichte der Wissenschaft noch sehr getheilt. Während die einen es am leichtesten finden, ihn unbedingt zu loben und die Anticipation aller möglichen Entdeckungen der Neuzeit bei ihm voraussetzen, halten es Andere für noch bequemer, über ihn kurzweg den Stab zu brechen und ihn für die Sünden seiner Commentatoren, sowie aller seiner Anhänger verantwortlich zu machen. »

In der Einleitung hatte er entsprechend seinem zeitgemässen Programm festgestellt (S. 2): « Als Hauptaufgabe einer Geschichte der Physik erscheint uns die Darstellung jener Meinungen und Ansichten, aus denen sich das Lehrgebäude unserer Tage aufbaute... Besondere Wichtigkeit ist den Forschern des classischen Alterthums beizumessen, welche eine lange Reihe von grundlegenden Begriffen auffanden und ausbildeten. Allein eben jene Forscher haben das Schicksal, selten richtig gewürdigt zu werden, da sie es sind, deren Ansichten über den Mechanismus des Weltsystems aus krausen philosophischen Systemen herauszuschälen sind, von denen wir oft selbst die Terminologie nicht vollständig kennen. »

Bereits George L.L. de Buffon hatte 1749 von Aristoteles, Theophrast und Plinius gesagt, dass sie als Naturhistoriker zum grossen Teil noch unerreicht seien, dass aber die Antike bezüglich der experimentellen Wissenschaften und der Rückführung der Phänomene auf allgemeine Prinzipien kein Verständnis besessen hätte [51]. Dieses bleibt die Grundhaltung auch des 19. Jahrhunderts, das die Ursprünge der Naturwissenschaften auch wieder der griechischen Antike zuweist[52], nachdem die Romantik die naturverbundenen Mythen und Religionssysteme der Frühzeit der Menschheit als Ursprünge (Relikte eines unmittelbaren Naturverstehens) angenommen hatte — nachklingend noch etwa bei dem Physiker J. S. Chr. Schweigger [53], der in dem Stile Louis Dutens [54] noch in Sagen und Mythen Urkenntnisse, die zwischenzeitlich verschüttet wären und in der Gegenwart erst wieder hätten neu entdeckt werden müssen, verborgen sah [55] — damit bei seinen naturwissenschaftlichen Zeitgenossen aber nur noch wenig Verständnis fand.

Louis Dutens hatte gemeint, « dass unsere berühmten Physiker den grössten Teil ihrer Entdeckungen aus den Werken der Alten [der Griechen und Römer] genommen haben », und wollte das mit entsprechenden Interpretationen aus den « allgemeinen Phrasen, welche die Alten gebraucht haben », herauslesen, wie der Wiener Astronom Joseph Johann von

Littrow es ausdrückte [56] : « Wenn z.B. Timaeus in dem Dialog dieses Namens von Plato von dem Schöpfer der Welt sagt, 'Dass er in diese Welt zwei Kräfte, die Quellen der Bewegungen derselben und der verschiedenen Dinge gelegt habe' [57], so findet Dutens (ed. III, S. 83) in dieser Rede einen klaren Beweis von der Central- und Tangential-Kraft der neuern Mechanik. Ganz ebenso hatte er auch in den gewöhnlichen Declamationen der Pythagoräer und Platoniker über die Verhältnisse der Zahlen im Universum den Zusammenhang dieses Geredes mit dem Gesetz des verkehrten Quadrats der Entfernungen entdeckt, welches der allgemeinen Gravitation zu Grunde liegt, obschon er gesteht (S. 88), 'dass es all' den Scharfsinn Newtons und seiner Nachfolger bedurfte, diese Entdeckung aus den kargen Fragmenten herauszufinden, durch welche sie uns überliefert sind'. » — Th. Henri Martin hatte sich erstmals zusammenhängend mit solchen Interpretationen antiker Mythen [58] und Schriften kritisch auseinandergesetzt [59] ; doch hatten sich mit ähnlichen und gleichen Ansichten auch noch die grossen Physikgeschichten des ausgehenden 19. Jahrhunderts herumzuschlagen, die von den Physikern Johann Christian Poggendorff [60], August Heller [61] und Johann Karl Ferdinand Rosenberger [62] verfasst wurden — und daraufhin meistens in das andere Extrem fielen und antike Beobachtungen und Kenntnisse übergingen oder im Vergleich mit gegenwärtigen Kenntnissen und Methoden herabsetzten [63].

Die Methode und der zugrundegelegte Massstab werden gut gekennzeichnet durch die Zusammenfassung der teilweise bissigen Kritik bei J. K. F. Rosenberger [64] : « Wohl zu merken ist, dass während Dutens in dem Nachweis bekannter Thatsachen bei den Alten so überaus glücklich erscheint, er doch nicht eine einzige neue zu seiner Zeit noch unbekannte bei ihnen aufzufinden weiss, wie wenn die Alten genau so viel gewusst hätten und nicht mehr als die neueren Physiker im Jahre 1766 ». Der jeweils moderne Standpunkt, das jeweils gegen-

wärtige Wissen um einen Vorgang oder ein Phänomen und die jeweils gegenwärtige theoretische Deutung gelten als Wahrheit, der man als solcher dann natürlich zu allen Zeiten schon nahe gekommen sein kann (wenn auch nicht mit der gleichen Begrifflichkeit und Terminologie, was das Wiedererkennen so schwierig mache).

Im zweiten Viertel des 19. Jahrhunderts war beispielsweise die Auseinandersetzung zwischen der Emissions- und der Wellentheorie des Lichtes (Vibrations-, Undulationstheorie) neu und besonders heftig entbrannt — Anlass für E. Wilde [65], diese Auseinandersetzung auch in die Antike zu reprojizieren und aus *De sensu* (3, 440 a 15 ff.) herauszulesen, bereits Aristoteles habe der 'Vibrationstheorie' vor der 'Emanationstheorie' den Vorzug gegeben, hätte also auf dem modernsten Stand der Wissenschaft gestanden [66]. Vor ähnlichen 'Übergriffen' sind allerdings auch heute insbesondere Naturwissenschaftler (aber auch Philologen, die die naturwissenschaftlichen Theorien nur unvollkommen verstehen) nicht geschützt. So sieht etwa der israelische Physiker und Physikhistoriker Smuel Samburski in der Beschreibung und Erklärung der Bewegungen der 'Sonnenstäubchen' durch Lucretius [67] « eine vollkommene Beschreibung und Erklärung der Brownschen Bewegung » — « *am falschen Objekte* », welche Einschränkung « jedoch keineswegs die Bedeutung der Entdeckung [von Epikur/Lucretius] selber schmälern » könne [68]. In der Regel sind es allerdings die fragmentarischen und apodiktischen Äusserungen der vorsokratischen Denker, denen jeweils modernste Kenntnisse oder doch die Ansätze dazu zugeschrieben werden, die dann von Platon und Aristoteles verschüttet oder zurückgedrängt worden seien [69] — ohne zu bedenken, dass die so sehr 'modern' anmutenden Zitate von der platonisch-aristotelischen Tradition aus den Schriften herausgefiltert worden sind und Natur*wissenschaft* erst aufgrund der logischen und methodischen Strenge beider ermöglicht wurde.

Von solchen Überinterpretationen her werden dann aber auch die Extreme auf der Gegenseite, bei den Vertretern der positiven (exakten) Wissenschaften, verständlicher. Als einer ihrer Repräsentanten kann der englische Astronom John Frederick Herschel angeführt werden, in der Mitte des 19. Jahrhunderts die herausragende Gestalt der Astronomie (und Naturwissenschaft), der erstaunt ist [70] « über den merkwürdigen Contrast zwischen ihrer [*sc.* der Griechen] Stärke in scharfer und subtiler Disputation, ihrem ausserordentlichen Erfolge im abstracten Raisonnement und ihrer vertrauten Bekanntschaft mit rein intellectuellen Gegenständen einerseits, und andererseits ihrer nachlässigen und sorglosen Betrachtung der äusseren Natur, ihrer gröblich unlogischen Deduction von weitschweifender Allgemeinheit aus wenigen und übel beobachteten Thatsachen... » wobei allerdings der « Geist rationeller Naturforschung » bei den frühgriechischen Naturphilosophen (Vorsokratikern) bereits ausgeprägter gewesen sei [71].

Geradezu niederschmetternd sind die Urteile des Wiener Astronomen Karl L. von Littrow selbst über die früher so geschätzte astronomische Beobachtungsfähigkeit der Griechen in seiner Rektoratsrede [72], dessen Tendenz von Emil Du Bois-Reymond begierig aufgenommen [73] und weitergesponnen wurde [74]. Die Geschichte des menschlichen Geistes biete wenig merkwürdigere Erscheinungen :

> « Dieselben Völker [Griechen und Römer], deren Dicht- und Bildwerke noch heute uns auf das Höchste beglücken, welche in Geschichte, Rechtswissenschaft und Metaphysik nach Form und Inhalt für alle Zeiten Mustergültiges schufen, welche in Beredtsamkeit, Kriegskunst, Verwaltung und Rechtspflege noch immer unsere Lehrer sind, sie kamen in der Naturerkenntnis nie über den kindlichen Standpunkt naiver Leichtgläubigkeit und spielender Hypothesenmacherei hinaus. Ihrem Geist... fehlt die geduldige Besonnenheit, um von besonderen, fest umschriebenen Thatsachen zu allgemeinen Wahrheiten den beschwerlichen, aber einzig sicheren Pfad der Induction emporzusteigen, um vom scheinbar Zufälligen zum Gesetzmässigen

sich stufenweise methodisch zu erheben. Zwar findet sich das inductive Verfahren im Keime schon bei Sokrates und Aristoteles [75]: die im Allgemeinen und theoretisch als richtig erkannte Methode wusste aber im einzelnen Falle Niemand anzuwenden, und bei solchem schwächlichen Anlauf ist es im Alterthume geblieben... »

Hieraus spricht einerseits der noch ungetrübte Glaube an das einzige erfolgreiche Erkenntnismittel der Induktion — der dann im 20. Jahrhundert stark erschüttert wurde —, gleichzeitig aber auch die Reaktion gegen Versuche, auch für die Domäne der induktiven Erfahrungswissenschaft Entdeckungen bereits der Antike zuzuschreiben.

Es gibt aber zur gleichen Zeit auch bereits Anklänge, die Grundlegung der naturwissenschaftlichen Begrifflichkeit für die exakten Naturwissenschaften durch Aristoteles und ihre Aktualität anzuerkennen, wie bei dem Chemiker Justus von Liebig [76], der die Kenntnis der am « häufigsten vorkommenden Erscheinungen » in Antike und moderner Zeit auf eine Stufe stellt, in der rein « geistigen Befähigung » erstere höher einschätzt, in der Menge an Begriffen allerdings letztere, jedoch hätten die von Aristoteles entwickelten Grundsätze der Naturforschung « noch heute die Geltung, die sie vor 2000 Jahren hatten ».

Immerhin gehört Liebig zu jenen deutschen und englischen Naturforschern, welche die Periode der (romantischen) 'Naturphilosophie' noch selbst durchlebt und sich dann von ihr abgekehrt haben [77]; Aristoteles ist für ihn also kein 'Naturphilosoph', sondern 'Naturwissenschaftler' [78].

Die generelle Abhebung der Antike von der Moderne (Neuzeit), deren Verbindung über die Unterbrechung durch das als ausschliesslich theologisch ('metaphysisch') orientiert und rückschnittlich ('dunkel') angesehene Mittelalter hinweg durch die « Wiedererneuerung » der (Natur-)Wissenschaften in der Spätrenaissance (Beginn der Neuzeit) erfolgt sei [79], war mit bedingt durch das positivistische Geschichtsbewusst-

sein, das die Entwicklung der Wissenschaften (zu den positiven Erfahrungswissenschaften hin) als « Ziel » der Geschichte sah [80]. Demgegenüber hatte in den Geisteswissenschaften der parallel laufende Historismus Entwicklung und Individualität zu Leitgedanken erhoben, welche die (wertfreie) Eigentümlichkeit vergangener Epochen hervorhob — hierbei im Anschluss an die Romantik das Mittelalter « entdeckte » — und die 'historische Methode' als spezifisches Pendant zur 'induktiven Methode' der positiven Erfahrungswissenschaften entwickelte. Den daraus entstandenen grossen Quelleneditionen für das Mittelalter — wie *Monumenta Germaniae historica*, begründet von der 'Gesellschaft für ältere deutsche Geschichtskunde' (1819), ab 1826 erscheinend ; Jacques-Paul Mignes *Theologiae cursus completus* (1839-1845, 28 Bde.), *Encyclopédie théologique* (1844-1852, 52 Bde.) und *Patrologiae cursus completus* (*Patrologia Graeca*, 1857-1866, 161 Bde. ; *Patrologia Latina*, 1878-1890, 217 und 4 Bde.) [81], um nur die wichtigsten, auch den Bereich der Naturwissenschaften tangierenden Unternehmen zu nennen — wurde zwar nichts vergleichbares für mathematisch-naturwissenschaftliche und technische Schriften der Antike entgegengesetzt, doch wurde durch diese neue, erstmals kritische Erschliessung der Quellen auch für diesen Bereich ein neuer Anfang gesetzt :

Zu nennen ist in erster Linie die unter Friedrich Schleiermacher initiierte grosse Aristoteles-Ausgabe der Preussischen Akademie der Wissenschaften durch Immanuel Bekker (Bd. 1-2, Berlin 1831), ergänzt durch die Ausgabe einiger Renaissance-Übersetzungen und der Fragmente durch Valentin Rose (Bd. 3), von Scholien durch Christian A. Brandis und Hermann Usener (Bd. 4) und abgeschlossen mit dem *Index Aristotelicus* von Hermann Bonitz (Bd. 5, Berlin 1870) [82], dann erweitert durch die drei Bände des *Supplementum Aristotelicum* (6 Teile, Berlin 1885-1903), insbesondere aber durch die 23 Bände der *Commentaria in Aristotelem Graeca* (Berlin 1882-1909) [83]. Einige Jahre zuvor war die erste als kritisch und als Gesamtausgabe

anzusprechende Ausgabe der Schriften Theophrasts durch Johann Gottlob Schneider [84] erschienen. Hierher zu zählen ist auch die noch heute vollständigste, griechisch-französische Ausgabe der *Hippocratica* durch den französischen Arzt Emile Littré, *Œuvres complètes d'Hippocrate* (10 Bände, Paris 1839-1861). In einer alten Tradition [85] stehen dagegen die Plinius-Ausgaben des 19. Jahrhunderts von Valpy (London 1826), N.E. Lemaire (Paris 1827-1831), Ajasson de Grandsagne (traduction nouvelle avec texte en regard, Paris 1829-1833), J. Sillig (5 Teile, Leipzig 1831-1836; 8 Bände, Hamburg/Gotha 1851-1858), C. H. Weisius (Leipzig 1841), E. Littré (lat.-franz., Paris 1848-1850), L. Jan (Leipzig 1854-1875), D. Detlefsen (5 Bände und Indexband, Berlin 1866-1882) und K. Mayhoff (5 Bände und Indexband, Leipzig 1892-1909, Neudruck Stuttgart 1967-1970) und die Plinius-Übersetzungen [86].

Gerade an letzteren lässt sich die Abnahme des Interesses der bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts noch naturhistorisch orientierten sogenannten beschreibenden Naturwissenschaften an ihren antiken Vorläufern sogar statistisch aufzeigen. Biologie und Naturgeschichte bildeten den neuen Zugang zur antiken Naturwissenschaft; doch dann war die Naturgeschichte mehr und mehr dem vernichtenden Urteil des Positivismus ausgeliefert [87]. Plinius verlor « nach seiner Entthronung als naturwissenschaftliche Autorität durch die rasch fortschreitende Überprüfung allen Wissens durch die experimentelle Naturwissenschaft » [88] jegliches Interesse der Naturwissenschaftler selbst — hier hat eine mehr literar- und wissenschaftshistorische Betrachtungsweise erst neuerdings eine Rehabilitation der bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts allgemein hochgeschätzten Enzyklopädie eingesetzt.

Anders war es mit den von der Naturforschung Ausgang des 18. Jahrhunderts erst wieder neu als Quelle entdeckten biologischen Schriften des Aristoteles und Theophrast. Hier zeigte sich aber auch rasch, dass der Naturforscher des spezialisierten Philologen und dieser der Hilfe des Fachwissen-

schaftlers bedurfte, um die Texte wort- und sachkundig verstehen zu können. Der Fachwissenschaftler erkannte, was Emile Littré in viel zitierten Sätzen formulierte [89] :

> « Quand on s'est pénétré de la science contemporaine, alors il est temps de se tourner vers la science passée. Rien ne fortifie plus le jugement que cette comparaison. L'impartialité de l'esprit s'y développe; l'incertitude des systèmes s'y manifeste; l'autorité des faits s'y confirme, et l'on découvre, dans l'ensemble, un enchaînement philosophique qui est en soi une leçon. En d'autres termes, on apprend à connaître, à comprendre, à juger. »

Aus diesem Antrieb wirkten unter anderen auch der grosse französische Naturforscher Georges Cuvier (1769-1832), der Begründer der vergleichenden Anatomie in der Zoologie (die er bei Aristoteles vorgebildet fand) und eigentliche Entdecker der aristotelischen Zoologie, die er « immer mehr bewunderte, je mehr er sie studierte » [90], und von dem P. Flourens [91] urteilte, dass er zu Aristoteles zurückgekehrt sei, mit dem ihn « conformité de vues » und « conformité d'esprit » verbinde — was als positives Urteil gemeint war ; denn die aristotelische Klassifikation der Tiere sei weit vollkommener gewesen als die von Carl Linné : « Je remarque en passant, combien tout y est net, et combien, à la regarder avec attention, elle est supérieure à celle de Linné, venue deux mille ans plus tard » — ; der Naturforscher und Biologe Goethe [92], der nicht nur in der Farbenlehre eine « innere Verwandtschaft » zur aristotelischen (und platonischen) Naturanschauung entwickelte [93] — wodurch natürlich die Angriffe der Newtonianer gegen die goethesche Farbenlehre gleichzeitig Platon und Aristoteles trafen — ; der englische Botaniker Stackhouse, dessen kommentierte Ausgabe der *Historia plantarum* Theophrasts (Oxford 1813) die berechtigte Kritik des Philologen Friedrich Wimmer herausforderte ; der Hallenser Mediziner und Botaniker Kurt Sprengel (1766-1833) [94], der die erste moderne Dioskurides-Ausgabe machte (Leipzig 1829-1830) [95] und mit seiner kommentierten deutschen Übersetzung der

Historia plantarum Theophrasts (2 Bände, Altona 1822) erstmals die für ein botanisches Textverständnis unumgängliche Identifizierung der Arten auf eine solide wissenschaftliche Grundlage stellte [96], die auch der scharfe Kritiker Friedrich Wimmer anerkennen musste und seinen Ausgaben zugrundelegte [97] — und ihn veranlasste, die grundlegenden kommentierten griechisch-deutschen Ausgaben von *De generatione animalium* (Leipzig 1860) und *Historia animalium* (Leipzig 1868) des Aristoteles gemeinsam mit dem Physiologen Hermann Aubert zu veranstalten [98]; der von Goethe beeinflusste Arzt und Philosoph Carl Gustav Carus (1789-1869) und Gelehrte wie E. H. F. Meyer [99], E. de Candolle [100], J. H. Dierbach [101], C. Fraas [102], J. H. Schultes [103], C. Speranza [104], J. V. Carus [105], B. Langkavel [106] und vor allem Jürgen Bona Meyer, der sich bemühte, « die *induktive* Methode der aristotelischen Systematik zu beweisen und zu zeigen, wie seine Grundsätze der Stufenordnung aus dem Grunde seiner ganzen philosophischen Weltanschauung hervorgehen » [107]. Damit war im Rahmen des seit Linné hochaktuellen Art-Problems, das seit Charles Darwin in eine neue Phase getreten war, aufgezeigt, dass die aristotelische (und theophrastische) 'Systematik' keine starre Taxonomie im Sinne Linnés gewesen ist [108].

Die antike Biologie war damit durch die *moderne* Biologie [109] als noch oder wieder aktueller Partner erschlossen worden — neue biologische Disziplinen fanden sich jeweils bei Aristoteles (weniger bei Theophrast) vorgebildet, auch nach der Anerkennung der Selektionstheorie Charles Darwins und damit des Entwicklungsgedankens. Diese Anerkennung insbesondere der Biologie des Aristoteles hatte aber auch zur Folge, dass seine gesamte Naturwissenschaft als 'biologisch' angesehen wurde, als ein von der mechanistischen Grundauffassung der positiven Wissenschaften im Bereich der physikalischen Wissenschaften überwundenes 'vorwissenschaftliches' Stadium, das dann nach der kausal-mechanistischen Ausrichtung auch der Biologie in der zweiten Hälfte des

19. Jahrhunderts wieder aufgenommen wurde im Neovitalismus etwa eines Hans Driesch [110], der seinen in den Organismen wirkend gedachten vitalistischen (finalen) Faktor der « intensiven Mannigfaltigkeit » bewusst mit dem aristotelischen Begriff der 'Entelechie' bezeichnete [111]. — Der 'Physiker' Theophrast ist daraufhin nach gelegentlichen Teilstudien (insbesondere zur 'Meteorologie') überhaupt erst in jüngster Zeit 'entdeckt' worden [112] — was natürlich von der bis in die Neuzeit hinein reichenden aktuellen Tradition der aristotelischen *Physik* nicht gesagt werden kann.

Eine ähnliche Erschliessung durch die Zusammenarbeit von Philologen und (Militär-)Fachleuten [113] erfuhren seit der Mitte des 19. Jahrhunderts die griechischen Poliorketiker, die den Zugang zur technischen Mechanik und dem (physikalischen) Experiment der Antike öffneten, zumal die Texte selbst, die bis dahin nur in der alten mangelhaften Ausgabe von M. Thévenot [114] vorlagen, vor der Überprüfung und Rekonstruktion durch eigene 'historische' Experimente (neben der Heranziehung archäologischer Funde) vielfach unverständlich geblieben waren [115].

Noch stärker auf die Hilfe des Fachmannes war die Neuerschliessung des bis in die frühe Neuzeit unübertroffenen mathematischen Schrifttums der Griechen angewiesen. War bis zum ausgehenden 18. Jahrhundert (besonders in der Astronomie) ein Überblick über die Geschichte der mathematischen Methoden und Ergebnisse noch häufig anzutreffen [116], so entledigten sich die mathematischen Disziplinen seitdem mit dem Aufkommen neuer Methoden und der Zersplitterung in Spezialdisziplinen mehr und mehr dieses « historisch-antiquarischen Ballastes », der daraufhin ausserhalb der eigentlicher Fachinteressen lag und einer besonderen Zuwendung bedurfte.

Das gelegentlich notwendige Zurückgreifen auf antikes Datenmaterial hat allerdings innerhalb der Astronomie nie zu einem völligen Abriss des « historischen Bewusstseins » geführt,

und es waren im 19. Jahrhundert auch in erster Linie Astronomen, die zu einer eigenständigen Erforschung antiker Astronomie und ihrer Randgebiete die wesentlichen Beiträge leisteten. Allen voran zu nennen ist Jean Baptiste Joseph Delambre (1749-1822) [117], der alles ihm zugängliche gedruckte und handschriftliche Material mit ungeheurem Fleiss aufarbeitete und in den technischen Details prüfte [118] — dabei häufig allerdings die antiken mathematischen Theorien zu sehr 'modernisierend' und somit verfälschend — und durch diese scheinbar vollständige und kongeniale Bearbeitung auch durch ständigen (abschätzigen) Vergleich mit modernen Methoden eine lange Stagnation der Forschung bis fast an das Ende des Jahrhunderts verursachte, insbesondere weil durch die kurz zuvor begonnene und dann fortgesetzte Ptolemaios-Edition [119] des Abbé Nicolas Halma auch eine entsprechende textliche Grundlage geschaffen war, zu der Delambre bereits die astronomische Kommentierung beigetragen hatte. Insbesondere hierauf beruhte auch die Anerkennung der Textausgabe durch die Astronomen, während die Philologen Anstoss an den typographischen Unzulänglichkeiten, der an den entscheidenden Stellen unverständlichen französischen Übersetzung und der schmalen Basis der Pariser Handschriften nahmen. Halma hatte als Bibliothekar den direkten Zugang zu den Pariser Handschriften und als Mathematikprofessor genügend fachliche Vorkenntnisse gehabt; ihm mangelte jedoch das philologische Rüstzeug. Weiterhin zu nennen wären Christian Ludwig Ideler (1766-1846), der insbesondere das für die technische Chronologie relevante Material erarbeitete [120] — später fortgesetzt vor allem durch Friedrich Karl Ginzel (1850-1926) und Gustav Bilfinger [121], — Johann Heinrich Mädler (1791-1874) [122], Rudolf Wolf (1816-1893) [123], Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910) [124], Norbert Herz [125] und John Louis Emile Dreyer (1852-1926) [126].

Eine ähnlich lange Stagnation verursachte für die Erforschung der Mathematik der Antike das klassische Werk

von Jean Etienne Montucla (1725-1799): *Histoire des mathématiques* (2 Bde., Paris 1758; nouvelle édition 4 Bde., Paris 1799-1804) [127]. Hier gingen neue Impulse von dem Pariser Mathematiker Michel Chasles (1793-1880) aus, den die neue Methode der projektiven und analytischen Geometrie insbesondere zum Studium der *Collectio* des Pappos von Alexandria anregte, die damit als wertvolle Quelle für die im Original verlorenen mathematischen Schriften eigentlich erstmals systematisch genutzt wurde. So basiert der grösste Teil des die Antike betreffenden Abschnitts seiner Geschichte der Geometrie [128] auf der Schrift des Pappos, die ihm allerdings nur in der lateinischen Übersetzung von F. Commandino (Venedig 1589, Pisauri 1602, revidiert von C. Manolesse: Bologna 1660) und in einer griechischen Pariser Handschrift vorlag [129]. Hierauf beruht auch seine Rekonstruktion der verlorenen *Porismata* des Euklid [130]. Diese Studien konnten aber ausserhalb Paris und ohne Unterstützung durch entsprechend vorgebildete Bibliothekare erst nach einer Edition der *Collectio* fortgesetzt werden. Die Anregungen wurden aufgenommen von Carl Immanuel Gerhardt (1816-1899), der als Leibnizforscher und Herausgeber von Leibnizens mathematischen Schriften zur Geschichte der höheren Geometrie (Analysis) geführt worden war [131] und 1871 eine griechisch-deutsche Ausgabe der Bücher 7 und 8 der *Collectio* vorlegte [132]. Die erste als kritisch anzusprechende Pappos-Ausgabe [133] stammte dann von dem Gymnasialphilologen Friedrich Otto Hultsch (1833-1906), der sich insbesondere durch seine Arbeiten zur antiken Metrologie [134] das Verständnis für die exakten Wissenschaften der Antike erworben hatte. Diese Ausgabe konnte dann in dem gross-angelegten Versuch einer Rekonstruktion der Genese der Kegelschnittlehre von dem dänischen Mathematiker und Chasles-Schüler Hieronymus Georg Zeuthen (1839-1920) zugrundegelegt werden [135], ein Werk, das noch heute als unübertroffener 'Klassiker' gilt.

Fehlten dem Philologen in der Regel die mathematischen

Kenntnisse zum Verständnis der antiken Schriften, so hatte für den Mathematiker meist die verbale Ausdrucksweise anstelle der ihm gewohnten Formelschreibweise eine Barriere gebildet. Deshalb wurde in 'Übersetzungen' weitgehend eine Transformation der Texte in die moderne Formelsprache vorgenommen (mit Ausnahme der noch weit ins 19. Jahrhundert hinein als Lehrbuch benutzten elementargeometrischen *Elemente* des Euklid [136]) ; so schon durch W. A. Diesterweg [137] und H. Balsam [138] für Apollonios und Ernst Nizze für Archimedes [139], was dann von dem englischen Mathematikhistoriker Thomas L. Heath zum Prinzip erhoben wurde, so dass er bei einer Übersetzung, bestehend aus englischen Zwischensätzen mit Formeln, jeweils von einer « *edition* in modern notation » sprechen zu können meinte [140]. Damit wurden die Texte für Mathematiker zurechtgemacht, denen es entsprechend der positivistischen Grundhaltung nur auf den « mathematischen Gehalt » ankam, die damit aber auch die Texte « verstanden » zu haben meinten ; die Folge war, dass sich im 20. Jahrhundert nur noch wenige Mathematiker — eine rühmliche Ausnahme bildet etwa der Algebraiker Bartel Leendert van der Waerden — der antiken Mathematik widmeten.

So blieb die weitere Bearbeitung der mathematischen Wissenschaften der Antike wieder nur in den Händen einzelner, die sich hierauf spezialisiert haben. Die Erneuerung der mathematischen und (exakten) Naturwissenschaften der Griechen hatte in der Renaissance ja auch mit einer philologischen Textbearbeitung und der Wiederherstellung der griechischen Originale begonnen. Da hierzu aber neben guten Sprachkenntnissen auch hervorragende Sachkenntnisse erforderlich sind, welch letztere damals nur an diesen Texten hatten gewonnen werden können, hatte das Einpendeln auf ein zur Bewältigung dieser Aufgaben hinreichendes wissenschaftliches u n d sprachliches Niveau längere Zeit in Anspruch genommen als in der 'literarischen Renaissance' der Antike und war auch nur von wenigen erreicht worden, die dann durch die Bearbeitung

des antiken Erbes dieses fruchtbringend für die mathematischen Wissenschaften der frühen Neuzeit erschlossen. Vergleichbares gilt für die mit den neuen kritischen Methoden erstellten Ausgaben der antiken mathematischen Schriften, nur dass hier nicht 'Mathematik' überhaupt, sondern die mathematischen Methoden der Antike wieder erlernt ('neu entdeckt') werden mussten, für die es zwar gelegentlich moderne Bezüge gab, die aber natürlich nicht mehr die Mathematik und die mathematischen Wissenschaften selbst befruchteten — so dass ihre Kenntnis und Beherrschung auf wenige wissenschaftshistorische Spezialisten beschränkt blieben. Bezüglich der Bereitstellung der Texte hatte dieses Einpendeln erstmals in der Pappos-Ausgabe von Friedrich Hultsch die erforderliche Höhe erreicht, von der Thomas L. Heath mit Recht hervorhebt [141] : « In the years 1876-8 appeared the only complete Greek text, with apparatus, Latin translation, commentary, appendices and indices, by Friedrich Hultsch ; this great edition is one of the first monuments of the revived study of the history of Greek mathematics in the last half of the nineteenth century, and has properly formed the model for other definitive editions of the Greek text of the other classical Greek mathematicians, e.g. the editions of Euclid, Archimedes, Apollonios, &c., by Heiberg and others... ». Und das gilt auch für die 'mathematischen' Schriften zur Astronomie (Ptolemaios, Theon von Smyrna, Theon und Pappos von Alexandria, Proklos, Geminos usw.), Mechanik (Philon und Heron von Alexandria) und Optik (Euklid, Heron von Alexandria), die meist im Rahmen der 'Bibliotheca scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana' bearbeitet und herausgegeben wurden [142]. Parallel dazu — intensiviert durch die Neubearbeitung der 'Real-Encyclopädie der Alterthums-Wissenschaften' — verlief eine relativ kurze Periode intensiver Beschäftigung der Klassischen Altertumswissenschaft mit Problemen antiker Wissenschaftsgeschichte (anfangs vorwiegend von rein philologischer Seite her), ausgelöst durch

die zuerst 1845-1852 erschienene griechische Philosophiegeschichte Eduard Zellers (1814-1908) [143], der für die Naturwissenschaft und Mathematik der Griechen wenig Verständnis besessen hatte und die Wissenschaftsgeschichte auch in den späteren Bearbeitungen weitgehend unberücksichtigt liess. Neben Friedrich Hultsch sind ausser bereits genannten besonders hervorzuheben Thomas Henri Martin [144], Professor der alten Sprachen in Rennes, Ernst Nizze, Valentin Rose, Theodor Bergk, Richard Hoche, Richard Schöne, Hermann Diels, Albert Rehm, vor allem aber Johan Ludvig Heiberg (1854-1928), der sich seit seiner Kopenhagener Dissertation über *Quaestiones Archimedeae* (1879) fast ausschliesslich dem mathematischen Schrifttum und den wissenschaftshistorischen Quellen der Antike einschliesslich ihrer Tradition im Mittelalter widmete, «... weil die eigentliche litterar-geschichtliche Forschung ... über die griechischen Mathematiker überhaupt noch viel zu wünschen übrig lässt, und diese Aufgabe dem Philologen obliegt» [145].

J. L. Heiberg hatte mit H. G. Zeuthen in Kopenhagen einen Kollegen, der ihm auf dem Gebiet der Mathematik mit Rat zur Seite stehen konnte, was zum Beispiel nötig wurde, als er 1906 in Konstantinopel in einem Palimpsest nicht nur das Original einer bis dahin nur in einer lateinischen Übersetzung des Mittelalters bekannten Schrift des Archimedes, sondern auch dessen 'Ephodos' fand [146], von dessen Inhalt man sich vorher keine Vorstellungen hatte machen können, so dass er auch mathematisch bis dahin unerschlossen gewesen war. (Archimedes zeigt hierin, wie er mit einer infinitesimalen «mechanischen» Methode die Ergebnisse *fand*, die in den anderen Schriften in strenger mathematischer Methode *bewiesen* werden — und gewährte damit erstmals wieder Einblick in seine Heuristik.) — Vor ähnlichen Problemen stehen auch Editoren von Papyri mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhalts — die in den Sammlungen deshalb wohl meist auch zurückgestellt werden [146 a].

In der Regel war auch seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in zunehmendem Masse nicht mehr der Fachwissenschaftler, sondern ein Vertreter der sich aus einer Fachwissenschaft heraus spezialisierenden Fachgeschichte einer Wissenschaft Gesprächspartner des auf wissenschaftsgeschichtliche Fragestellungen spezialisierten Philologen (an einer Universität oder — wie vielfach bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts noch — an einem Gymnasium). Die bedeutendsten Repräsentanten, die sich auch insbesondere um die Geschichte der Wissenschaften in der Antike verdient gemacht haben, waren der italienische Fürst Baldassare Boncompagni (1821-1894), Bibliothekar der Accademia Nazionale dei Lincei, insbesondere als Begründer und Herausgeber der ersten Spezialzeitschrift (*Bulletino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*, 1-20/Roma 1868-1887 [147]); Moritz Benedikt Cantor (1829-1920) [148], seit 1853 Privatdozent und 1863 Professor für Mathematik mit dem Schwerpunkt Mathematikgeschichte [149] in Heidelberg, der seit 1859 als Mitredakteur der *Zeitschrift für Mathematik und Physik* für die historischen Beiträge verantwortlich war, die 1875 eine 'Historisch-literarische Abtheilung' erhielt, aus der als selbständiges Supplement die von ihm herausgegebenen *Abhandlungen zur Geschichte der mathemathischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen* (1-10/Leipzig, Teubner, 1877-1900) entstanden (Bd. 11-30/1901-1913, ergänzt durch Monographien, selbständig fortgeführt); der französische Ingenieur Samson Paul Tannery (1843-1904) [150], der die erste Professur für allgemeine Naturwissenschaftsgeschichte in Frankreich erhielt; Siegmund Günther (1848-1929) [151], 1876-1886 Gymnasialprofessor für Mathematik und Physik in Ansbach, dann Professor für Erdkunde an der TH München, der auch den ersten Handbuchartikel zur Geschichte der antiken Wissenschaften verfasste und durch diese Zusammenfassung des bereits Erarbeiteten der Forschung neue Impulse gab [152]. Mit Gino Loria (1862-1954) [153], seit 1886 Professor der höheren Geometrie an der Universität Genua, Sir Thomas

Little Heath (1861-1940) und George Sarton beginnt bereits die zweite Generation, die die junge Disziplin Wissenschaftsgeschichte über den Ersten Weltkrieg hinweg rettete und gleichzeitig die Verlagerung des Schwergewichtes der Wissenschaftsgeschichte in den anglo-amerikanischen Sprachraum einleitete, insbesondere nachdem dann auch Forscher wie Otto Neugebauer seit 1933 zur Emigration veranlasst wurden.

Die einmalige Kommunikationsdichte [154] und die engen Kontakte zwischen Philologie, Fachwissenschaften und Wissenschaftsgeschichte seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts, schwerpunkthaft im Deutschen Kaiserreich, fand mit dem Ausbruch des Ersten Weltkrieges allerdings ein jähes Ende, bevor die Wissenschaftsgeschichte als selbständige Disziplin soweit gefestigt war, dass sie diese Unterbrechung ungeschadet hätte überstehen können. Der zweite Ansatz nach dem Kriege — der wiederum durch den Ausbruch des Zweiten Weltkrieges zumindest in Europa abgebrochen wurde — war bezüglich der griechischen Antike hauptsächlich durch das neue philosophische Interesse an Platon angeregt und geprägt worden [155], das seinerseits zu einem Teil als Reaktion auf die positivistische Ideen-Interpretation Paul Natorps [156] erwacht war, zu einem anderen Teil durch die damit zusammenhängende Wiederentdeckung des philosophischen *Systems* Platons [157], in dem Mathematik und mathematische 'Natur'- (Ideen-)Wissenschaft als zentrales Element erkannt wurden [158] — nachdem das mechanistische Denken auch in der Physik als der Basis-Naturwissenschaft schrittweise überwunden war. In den Vordergrund rückte die Frage nach der Begründung der Mathematik — und ihrer frühen Genese — und der (mathematischen) Naturwissenschaften im Sinne der neuen, Theoretischen Physik: Pythagoras bzw. ältere Pythagoreer, Platon, oder Aristoteles; und dieses insbesondere auch, nachdem Keilschrifttexte [159] und ägyptische Papyri und Inschriften [160] bekannt und zugänglich gemacht und mathematisch bearbeitet worden waren [161]. Hierdurch konnten nämlich die antiken

Angaben bezüglich einer Übernahme der *Wissenschaften* Geometrie und Astronomie von Ägyptern und 'Chaldäern' durch die Griechen überprüft werden, so dass die tatsächlich erst von den Griechen begründeten Wissenschaften von dem bereits relativ hohen Stand der v o r wissenschaftlichen Datensammlungen und -bearbeitungen sowie der Rechenregeln in den älteren Mittelmeerkulturen vergleichend abgehoben werden konnten — wobei sich aber auch herausstellte, dass die approximativen praktischen Verfahren der Agrimensoren (Feldmesser) ebenso in der Tradition der ägyptischen 'Mathematik' stehen wie etwa die 'Metrika' Herons von Alexandria oder die arithmetische Praxis im Hellenismus [162], so dass die antiken Angaben nicht aus der Luft gegriffen waren. — Für die richtige Einschätzung hatte allerdings erst die 'panbabylonische Bewegung' überwunden werden müssen, die insbesondere in Deutschland zwischen 1900 und dem Ausbruch des Ersten Weltkriegs in Blüte stand, als man im Überschwang der neuen Quellen ein sehr hohes Alter der babylonischen Astronomie erschloss und, verquickt mit einer babylonischen 'Weltanschauung', das eigentliche Ursprungsland der abendländischen Kultur und Wissenschaft entdeckt zu haben meinte [163].

Die Beziehungen, die zwischen dem 'neuen' Platon und der 'neuen' Physik bestehen, werden sehr schön in einem Schülererlebnis Werner Heisenbergs aus dem Jahre 1919 klar, das er später im Rahmen einer Betrachtung über *Das Naturbild der heutigen Physik* schilderte, dessen Entstehen er darin auch knapp skizzierte [164]:

> « Als das Bleibende im Wandel der Erscheinungen wurde dabei [im 19. Jahrhundert] die in ihrer Masse unveränderliche Materie betrachtet, die durch Kräfte bewegt werden kann. [... Es lag nahe,] im Sinne der antiken Naturphilosophie die Atome als das eigentlich Seiende, als die unveränderlichen Bausteine der Materie anzusehen. Wie schon in der Philosophie des Demokrit erschienen damit die sinnlichen Qualitäten der Materie als Schein... So ergab sich das allzu einfache Weltbild des Materialismus des

19. Jahrhunderts : Die Atome als das eigentlich unveränderlich Seiende bewegen sich im Raum in der Zeit, und durch ihre gegenseitige Anordnung und Bewegung rufen sie die bunten Erscheinungen unserer Sinnenwelt hervor.

Ein erster, wenn auch noch nicht allzu gefährlicher Einbruch in dieses Weltbild geschah in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts durch die Entwicklung der Elektrizitätslehre, in der nicht die Materie, sondern das Kraftfeld als das eigentlich Wirkliche gelten musste. Ein Wechselspiel zwischen Kraftfeldern ohne eine Substanz als Träger der Kräfte war weniger leicht verständlich als die materialistische Realitätsvorstellung der Atomphysik und brachte ein Element von Abstraktheit und Unanschaulichkeit in das sonst scheinbar so einleuchtende Weltbild... Man konnte [...aber] die Kraftfelder, die ja nur in ihrer Wechselwirkung mit den Atomen beobachtet werden konnten, als von den Atomen hervorgerufen auffassen... Insofern blieben dann also doch die Atome das eigentlich Seiende...

Für dieses Weltbild war es auch nicht allzu bedeutsam, dass nach der Entdeckung der Radioaktivität gegen Ende des letzten Jahrhunderts die Atome der Chemie nicht mehr als die letzten unteilbaren Bausteine der Materie aufgefasst werden konnten [...; denn] für die prinzipielle Frage aber ändert sich nichts, wenn wir nun Protonen, Neutronen und Elektronen als die kleinsten Bausteine der Materie erkannt haben und als das eigentlich Seiende interpretieren...

Aber eben an dieser Stelle haben sich dann in unserem Jahrhundert tiefgreifende Veränderungen in den Grundlagen der Atomphysik vollzogen, die von der Wirklichkeitsauffassung der antiken Atomphilosophie wegführen. Es hat sich herausgestellt, dass jene erhoffte objektive Realität der Elementarteilchen eine zu grobe Vereinfachung des wirklichen Sachverhalts darstellt und viel abstrakteren Vorstellungen weichen muss. Wenn wir uns ein Bild von der Art der Elementarteilchen machen wollen, können wir nämlich grundsätzlich nicht mehr von den physikalischen Prozessen absehen, durch die wir von ihnen Kunde erlangen [...; denn] bei den kleinsten Bausteinen der Materie aber bewirkt jeder [experimentelle] Beobachtungsvorgang eine grobe Störung; man kann gar nicht mehr vom Verhalten des Teilchens losgelöst vom Beobachtungsvorgang sprechen.

Dies hat schliesslich zur Folge, dass die Naturgesetze, die wir in der Quantentheorie mathematisch formulieren, nicht mehr von den Elementarteilchen an sich handeln, sondern von unserer Kenntnis der Elementarteilchen... Die Vorstellung von der objektiven Realität der Elementarteilchen hat sich also in einer merkwürdigen Weise verflüchtigt, nicht in den Nebel irgendeiner neuen, unklaren oder noch unverstandenen Wirklichkeitsvorstellung, sondern in die durchsichtige Klarheit einer Mathematik, die nicht mehr das Verhalten des Elementarteilchens, sondern unsere Kenntnis dieses Verhaltens darstellt. Der Atomphysiker hat sich damit abfinden müssen, dass seine Wissenschaft... *nicht einfach von der Natur 'an sich' sprechen kann.* Die Naturwissenschaft setzt den Menschen immer schon voraus, und wir müssen uns, wie [Niels] Bohr es ausgedrückt hat, dessen bewusst werden, dass wir nicht nur Zuschauer, sondern stets auch Mitspielende im Schauspiel des Lebens sind. »

Dieses Zitat ist nicht aus Verlegenheit so lang ausgefallen, sondern weil es aus der Sicht eines bedeutenden Physikers den Umbruch im physikalischen Weltbild vom 19. zum 20. Jahrhundert charakterisiert, den er selber miterlebt und mitgeprägt hat, und weil dieser Physiker keine Detailkenntnisse der Entwicklung des antiken physikalischen Weltbildes besass ; denn, von den Detailkenntnissen natürlich abgesehen, liesse sich mit ähnlichen Worten und Grundaussagen genau der Weg von den nicht zufällig im 19. Jahrhundert so hoch geschätzten antiken Atomisten Leukippos und Demokritos zu Platon (und Aristoteles) beschreiben. Werner Heisenberg hat in dem erwähnten Erlebnis diesen Weg unbewusst selber nachvollzogen [165] :

« Wir benützten damals ein sonst recht gutes Physikbuch, in dem aber begreiflicherweise die modernste Physik noch etwas stiefmütterlich behandelt war. Trotzdem war... auf den letzten Seiten auch einiges über die Atome zu lesen, und ich erinnere mich deutlich an ein Bild, auf dem eine grössere Anzahl von Atomen zu sehen war... Einige Atome hingen jeweils in Gruppen zusammen, und zwar

waren sie durch Haken und Ösen, die wahrscheinlich die chemische Bindung darstellen sollten, miteinander verknüpft. Ausserdem war im Text zu lesen, dass die Atome nach der Ansicht der griechischen Philosophen die kleinsten unteilbaren Bausteine der Materie seien. Dieses Bild hat mich immer zu heftigem Widerspruch gereizt ... Denn ich dachte : Wenn die Atome so grob anschauliche Gebilde sind..., wenn sie eine so komplizierte Gestalt haben, dass sie sogar Haken und Ösen besitzen, dann können sie unmöglich die kleinsten, unteilbaren Bausteine der Materie sein...

Bei einer solchen Gelegenheit [während eines Wacheinsatzes in den Münchner Revolutionskämpfen im Juli 1919] kam ich auch einmal auf den Gedanken, mir einen Band Plato mit auf die Dachrinne zu nehmen, und ich geriet bei dem Wunsch, etwas anderes zu lesen als das, was im Schulunterricht drankam, mit meinen relativ bescheidenen griechischen Kenntnissen an den Dialog Timaios, in dem ich zum erstenmal wirklich etwas aus der Quelle von der griechischen Atomphysik erfuhr. Aus dieser Lektüre wurden mir die Grundgedanken der Atomlehre viel klarer als früher. Ich glaubte wenigstens so halb die Gründe zu verstehen, die die griechischen Philosophen veranlasst hatten, an kleinste, unteilbare Bausteine der Materie zu denken. Die These, die Plato im Timaios vertritt, dass die Atome reguläre Körper seien, wollte mir zwar auch noch nicht recht einleuchten, aber es befriedigte mich immerhin, dass sie wenigstens keine Haken und Ösen hatten. Jedenfalls entstand schon damals in mir die Überzeugung, dass man kaum moderne Atomphysik treiben könne, ohne die griechische Naturphilosophie zu kennen... ».

W. Heisenberg sah damals noch nur das Anschauliche an der platonischen Elementenlehre ; es waren erst die Ansätze zur Quantentheorie geschaffen, in der « die Vorstellung von der objektiven Realität der Elementarteilchen » sich wandelte « in die durchsichtige Klarheit einer Mathematik, die nicht mehr das Verhalten des Elementarteilchens, sondern unsere Kenntnis dieses Verhaltens darstellt ». Genau diese in der Mathematik als der dem Verstand zugänglichen Erfahrungs-

weise *abgebildete* (nicht: tatsächliche) 'Wirklichkeit' sind aber auch die platonischen Polyeder, und genau diese Funktion erfüllt die « mathematische Naturwissenschaft » Platons [166] — natürlich mit einer vergleichsweise höchst primitiven Erfahrungsbasis und mit einem ganz anderen mathematischen Kalkül. — Später urteilte W. Heisenberg [167]:

> « Aber diese Elementarteilchen sind bei Plato nicht unteilbar... Die Dreiecke selbst sind nicht Materie, sie sind nur noch mathematische Form. Bei Plato ist also das Elementarteilchen nicht das schlechthin Gegebene, Unveränderliche und Unteilbare; es bedarf noch einer Erklärung, und die Frage nach dem Warum der Elementarteilchen wird von Plato auf Mathematik zurückgeführt... Die letzte Wurzel der Erscheinungen ist also nicht die Materie, sondern das mathematische Gesetz, die Symmetrie, die mathematische Form. »

Das gibt auch die Berechtigung, wieder von einer 'platonischen Phase' der Naturwissenschaft zu sprechen [168], die ihrerseits die 'Naturwissenschaft' Platons in neuem Lichte erscheinen lässt; und es war Platon durch den *Timaios* selber — auch durch die Vermittlung des Jugendfreundes Robert Honsell — gewesen, der jedenfalls bei Werner Heisenberg diese Komponente der neuen Physik inspiratorisch einbrachte. Nicht zufällig wählte er deshalb auch für seine Autobiographie *Der Teil und das Ganze* (1969) die Form platonischer Dialoge.

Aber diese 'platonische' Komponente ist nur eines der Elemente der neuen Physik, das andere ist das empirisch-pragmatische, letztlich 'aristotelische' Element; und auch die aristotelische 'Physik' hat inzwischen durch neue Erkenntnisse auch über ihre methodologische Grundlegung physikalischen Denkens hinaus ihre 'Ehrenrettung' erfahren. Dabei ist weniger an die *Problemata mechanika* des Aristoteles zu denken, die neben den Schriften des Archimedes wesentliche Anstösse zur Neubegründung der 'Mechanik' als Physik zu Beginn der Neuzeit gegeben hatten, von der Philologie und Philosophiegeschichte des 19. Jahrhunderts aber als des grossen Philo-

sophen unwürdig Aristoteles abgesprochen — und daraufhin meist überhaupt nicht berücksichtigt wurden [169], während es andererseits gerade Physiker, Techniker und Naturwissenschaftshistoriker waren, die allein in dieser Schrift den ihnen methodisch vergleichbaren Gesprächspartner Aristoteles fanden [170] (und *deshalb* sich gelegentlich dem Urteil der Philologen insofern anschlossen, als sie umgekehrt Aristoteles nicht dieser Schrift für würdig hielten [171]). Es sind vielmehr die grundlegenden Erörterungen über Raum und Kontinuum und über die Materie in der *Physikvorlesung* und in *De generatione et corruptione*, die von der neuen relativistischen Physik und den neuen, durch die Elementarteilchenphysik erzwungenen Vorstellungen von der 'Materie' in einem Licht erscheinen, die etwa den niederländischen Wissenschaftshistoriker Andreas van Melsen zu den Sätzen veranlasste [172] :

> « Aus der Tatsache, dass die philosophischen Betrachtungen der Griechen, soweit es sich um die zentralen philosophischen Probleme handelt, jetzt noch ihren Wert besitzen, darf keineswegs gefolgert werden, dass dies auch für ihre Naturphilosophie gilt. Denn da ihre Naturwissenschaft, mit unseren Augen gesehen, sehr primitiv anmutet, läge es auf der Hand, dieselbe Qualifikation auch auf ihre Naturphilosophie anzuwenden [173]. Bei näherer Betrachtung ergibt sich jedoch, dass der Einfluss der naturwissenschaftlichen Auffassungen auf ihre Naturphilosophie nicht so gross war, wie vermutet werden könnte... Wie lange hat doch schliesslich die philosophische Betrachtung Demokrits über die Materie Einfluss auf die philosophischen Auffassungen der Physiker ausgeübt... Wir wiesen, um die Übereinstimmungen zwischen den philosophischen Auffassungen Demokrits und der Atomtheorie des 19. Jahrhunderts zu erklären [174], auf den 'ewigen Demokrit' in jedem Naturforscher hin und wollten so andeuten, dass Demokrit etwas sehr Wesentliches berührt hat. Man wird dem aber entgegenhalten können, dass die neueste Entwicklung der Physik mit der mechanistischen Idee doch gebrochen hat. Sicher ist das der Fall, doch stehen wir deshalb noch nicht ausserhalb des Bereiches der griechischen

Naturphilosophie. Wenn jemand heute Physiker mit Nachdruck erzählen hört, dass ein aus dem Atomkern herausgetretenes Elektron dort vorher nicht als Elektron war, sondern neu gebildet wurde, so denkt er dabei unwillkürlich an die grundsätzlichen Betrachtungen Aristoteles' über das 'Werden und Vergehen' der Dinge, vorausgesetzt, dass er wenigstens etwas in der griechischen Naturphilosophie Bescheid weiss. Wer das soeben genannte naturphilosophische [*sic*!] Werk Aristoteles' mit Einfühlungsvermögen für die philosophischen Hintergründe der Naturwissenschaft und mit Kenntnis der jüngsten Ergebnisse dieser Wissenschaft liest, wird mehr von der scharfsinnigen philosophischen Analyse der Veränderung gefesselt als durch die falschen, naturwissenschaftlichen Auffassungen gehemmt. Die Schlussfolgerung Aristoteles', dass die Veränderung zur wesentlichen Struktur der Materie gehört, die Materie also als Materie kennzeichnet, erscheint somit in einem bemerkenswerten Licht, wenn wir die jetzt bekannt gewordenen Erscheinungen der Materialisation und Dematerialisation betrachten. Diese Termini sind wohl etwas unglücklich, denn ein γ-Quantum ist genau so materiell wie ein Elektron, auf der anderen Seite aber drücken sie doch die radikale Veränderung aus, die bei diesen Prozessen zutage tritt. Nun ist aber die philosophische Analyse der Möglichkeit einer *radikalen* Veränderung gerade das, was den Kern der aristotelischen Naturphilosophie ausmacht... Wohl kennt auch [... der heutige Materiebegriff] etwas Bleibendes bei jeder Veränderung, aber dieses Bleibende verliert immer mehr den Charakter des Konkreten; was bleibt, sind sicher nicht unveränderliche materielle Teilchen, auch keine Massen oder Energien, sondern etwas, was allem diesen gemeinsam zugrunde liegt. »

Ähnlich argumentiert John H. Randall [175], der darauf hinweist, dass der Naturwissenschaftler Aristoteles im 19. Jahrhundert als Biologe wieder entdeckt worden war, während seine 'biologische Methode' für Physik und Astronomie als ungeeignet verworfen wurde. Im 20. Jahrhundert hätten dann die Physiker entdeckt, « dass der Gegenstand der Physik funktional und kontextuell behandelt werden muss, mit Begriffen, die dem 'Feld' angemessen sind. Und dies bedeutet

nichts anderes, als dass der Physiker in seinen Grundbegriffen ebenso denken muss wie der Biologe » :

« Heute haben die Begriffe der aristotelischen Physik, jene Vorstellungen, die in seiner Analyse von Prozessen verwendet werden, die Newtonschen Begriffe aus unserer Theorie vertrieben... Es wird jedoch häufig explizit anerkannt, dass die Vorstellungen der aristotelischen Physik der heutigen physikalischen Theorie weit näher stehen als die des 19. Jahrhunderts. Vor 30 Jahren [ca. 1930] war es noch möglich, die Physik des Aristoteles als den am wenigsten wertvollen Teil seines Denkens zu betrachten, der lediglich von historischem Interesse sei [176]. Heute gilt uns seine Analyse der Faktoren und Begriffe, die beim 'Prozess' eine Rolle spielen, als einer der wertvollsten Teile seiner gesamten Philosophie, eine seiner erhellendsten und an fruchtbaren Anstössen reichsten Untersuchungen. Weit davon entfernt, offensichtlich 'falsch' zu sein, erscheint sie heute weitaus wahrer und besser begründet als die Grundbegriffe Newtons. Und es ist faszinierend, dem Gedanken nachzugehen, wie uns — wäre es dem 17. Jahrhundert möglich gewesen, Aristoteles zu rekonstruieren, statt sich von ihm abzuwenden — mehrere Jahrhunderte arger Verwirrungen und Irrsale hätten erspart bleiben können [177]... Die funktionalen Begriffe des Aristoteles waren für die einfache Massenmechanik des 17. und 18. Jahrhunderts nicht notwendig ; sie wurden weitgehend aufgegeben, weil sie mit den verfügbaren mathematischen Techniken nicht zu bewältigen waren. Mit der Fortentwicklung der mathematischen Methodik und mit dem Vordringen der naturwissenschaftlichen Methoden in viel konkretere, reichere, weniger abstrakte Bereiche wie den der Strahlungsenergie sind wir gezwungen, zu den aristotelischen Begriffen von Funktion und Kontext zurückzukehren, diesmal freilich in exakter, analytischer und mathematischer Formulierung.

So beginnt sich die zeitweilige Verdunkelung der aristotelischen Physik sozusagen als eine Epoche des Heranwachsens unserer eigenen physikalischen Theorien zu erweisen, als eine lediglich vorübergehende Blindheit. »

Solche Beurteilungen liessen sich in mehr oder weniger deutlicher Diktion seit dem zweiten Drittel dieses Jahrhunderts

zahlreich anführen [178]. Daneben hatte aufgezeigt werden können, dass ebensowenig wie die griechische Mathematik oder die mathematischen Methoden der antiken Astronomie oder 'Mechanik' [179] auch die 'Bewegungsgesetze' des Aristoteles, die seit Galilei verdammt worden waren, 'falsch' gewesen sind. Aristoteles betrachtete nur beim freien Fall « einen anderen Idealfall als nahezu 2000 Jahre später Galilei » und die Physik seitdem, und auch für den Bereich der « gewaltsamen Bewegungen » (durch äussere 'Kräfte' verursacht) nahm er eine andere Idealisierung vor, kam damit aber « der täglichen Erfahrung näher als unsere heutige Abstraktion » von der auf der Erde naturgegebenen Umwelt [180].

Man hat immer wieder einmal versucht, die Theorien und Kenntnisse der jeweils modernen (und zeitbedingten) Naturwissenschaft bereits in der Antike vorzufinden. Es sollte zwar überraschen, dass dieses immer wieder möglich schien, darf aber nicht dazu verleiten, diesen Weg erneut zu beschreiten. Was sich allerdings daraufhin festhalten lässt, ist die Tatsache, dass die Griechen auch auf diesem Gebiet neben der Begründung bereits die grundsätzlichen Möglichkeiten einer Naturerkenntnis und Naturbetrachtung durchdacht und erarbeitet hatten, die dann dem jeweiligen Erfahrungsschatz anzupassen sind. Nicht die Kenntnisse und Theorien der Antike, sondern die grundsätzlich möglichen Auffassungen vom Materiellen, von der Ausbreitung des Lichtes, von der Übertragung von Wirkungen, von der Realität und Struktur des Erkannten und prinzipiell Erkennbaren an der 'Natur', die die Griechen erst 'entdeckten', das sind die zeitlosen Elemente griechischer Naturbetrachtung und -wissenschaft. Sie kamen und kommen in der Geschichte der Naturwissenschaft und Naturphilosophie immer wieder in der einen oder anderen Form zum Tragen und sind so ein nicht ohne eine Verfälschung des antiken Erbes zu vernachlässigendes Stück der das abendländische Denken prägenden Klassischen Antike.

NOTES

[1] Die Zeitschrift *ISIS: An International Review Devoted to the History of Science and its Cultural Influences* (seit 1912) enthält in ihrer jährlich erscheinenden « Critical Bibliography » auch jeweils eine kleine Rubrik « Historiography and historical method » (HS 3).

[2] Eine umfassende wissenschafts-historiographische Studie liegt aber für Russland bisher auch nur für das 18. und die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts vor: V. P. ZUBOV, *Istoriografija estestvennych nauk v Rosii* (*XVIII v. — pervaja polovina XIX v.*) (Moskau 1956); für den folgenden Zeitabschnitt — mit der für die marxistisch-leninistische Historiographie wesentlichen Zäsur der « Grossen Oktoberrevolution » als Neuansatz — vom selben Autor skizzenhaft fortgesetzt in « Historiography of Science in Russia », in *Scientific Change*, ed. A. C. CROMBIE (London 1963), 829-846 (und 878); vgl. weiterhin: *Voprosy Istorii Estestvoznaniia i Tekhniki* 36-37 (1971), 8-106, Spezialheft mit Beiträgen zur Wissenschafts- und Technikgeschichte in der Sowjetunion (« Istoriia estestvoznaniia i tekhniki v Sovetskom Soiuze »).

[3] Für die Bundesrepublik siehe die historische Übersicht F. KRAFFT, « Naturwissenschaft- und Technikgeschichte in der Bundesrepublik Deutschland und in West-Berlin. Eine Übersicht über die Forschung und Lehre an den Institutionen », in *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 2 (1979), 143 ff. (wird in 3/1980 fortgesetzt) ; dort auch ältere und andere Länder betreffende Literatur.

[4] Hierzu siehe den Forschungsbericht F. KRAFFT, « Renaissance der Naturwissenschaften — Naturwissenschaften der Renaissance. Ein Überblick über die Nachkriegsliteratur », in *Humanismusforschung seit 1945. Ein Bericht aus interdisziplinärer Sicht*, hrsg. von A. BUCK, DFG-Kommission für Humanismusforschung, Mitteilung 2 (Boppard/Bonn-Bad Godesberg 1975), 111-183 und 203-213.

[5] Siehe F. KRAFFT (a) : « Der Naturwissenschaftler und das Buch in der Renaissance », in *Das Verhältnis der Humanisten zum Buch*, hrsg. von F. KRAFFT und D. WUTTKE, DFG-Kommission für Humanismusforschung, Mitteilung 4 (Boppard/Bonn-Bad Godesberg 1977), 13-45 ; erweitert unter dem Titel (b) : « Tradition in Humanismus und Naturwissenschaft. Die Einheit der Renaissance und die 'Zwei Kulturen' der Gegenwart », in *Humanismus und Technik* 20 (1976), 41-72.

[6] C. P. SNOW, « The Two Cultures », in *New Statesman* vom 6. Oktober 1956 ; dann : *The two cultures, and a second look. An expanded version of 'The two cultures and the scientific revolution'* [1959] (Cambridge Univ. Press 1964) — hierzu siehe u.a. H. BUTTERFIELD, « The history of historiography and the history of science », in *Mélanges Alexandre Koyré*, Histoire de la Pensée, tome 13 (Paris 1964), II 57-68 ; H. KREUZER (Hrsg.), *Literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz. Dialog über die « Zwei Kulturen »* (Stuttgart 1969); S. J. SCHMIDT, *Zum Dogma der prinzipiellen Differenz zwischen Natur- und Geisteswissenschaft* (Göttingen 1975) ; S. L. JAKI, *Culture and science. Two lectures* delivered at Assumption University Windsor,

Canada... [hier : « A hundred years of two cultures »] (Univ. of Windsor Press 1975) ; F. KRAFFT, « Tradition in Humanismus und Naturwissenschaft » (wie Anm. 5 b) ; U. TROITZSCH, « Lehren aus dem historischen Prozess. Technikgeschichte als Möglichkeit der Verständigung zwischen Ingenieur- und Gesellschaftswissenschaft », in *VDI-Nachrichten* Nr. 2/1978 (13.1.1978), 15.

[7] Siehe F. KRAFFT, « Sinnenwelt, reale Welt, absolute Welt. Die historischen Grundlagen für das Weltbild Max Plancks », in Max PLANCK, *Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaften*. Mit einem Nachwort hrsg. von F. KRAFFT, Naturwissenschaftliche Texte bei Kindler (München 1971), 29-70.

[8] Selbst wenn sie mit 'Fallstudien' aus der Geschichte der Wissenschaften ihre Methodologie-Norm zu stützen suchen, davon ausgehend, dass zu allen Zeiten das richtig war, was sie gegenwärtig für richtig erkannt haben. Die Vielfalt der unterschiedlichen wissenschaftstheoretischen Ansätze spricht dann für sich, d.h. dagegen.

[9] Am stärksten beachtet wurde Th. S. KUHN, *The structure of scientific revolutions* (Chicago/London 1962 ; 2nd ed. enlarged 1970 : O. NEURATH (ed.), *International Encyclopedia of Unified Science*, I-II : *Foundations of the Unity of Science*, Vol. 2, Nr. 2) ; Deutsche Übersetzung von K. SIMON, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen* (Frankfurt/M. 1967 ; 2. Aufl. revidiert von H. VETTER, 1976, Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, 25). — Am weitesten von der Vorstellung einer Norm und Regel entfernt sich P. K. FEYERABEND, *Against method. Outline of an anarchistic theory of knowledge* (New Left Books 1975) ; deutsche Übersetzung (des hierzu erweiterten Textes) von H. VETTER, *Wider den Methodenzwang. Skizze einer anarchistischen Erkenntnistheorie* (Frankfurt/M. 1976).

[10] Zur Kritik an Th. S. Kuhns Struktur-Theorie siehe von wissenschaftstheoretischem Standpunkt u.a. E. STRÖKER, *Wissenschaftsgeschichte als Herausforderung. Marginalien zur jüngsten wissenschaftstheoretischen Kontroverse*, Wissenschaft und Gegenwart, Geisteswissenschaftliche Reihe, 59/60 (Frankfurt/M. 1976) (ursprünglich in *Tendenzen der Wissenschaftstheorie*, Neue Hefte für Philosophie 6/7, 1974), sowie insbesondere I. LAKATOS/A. MUSGRAVE (edd.), *Criticism and the growth of knowledge* (London 1970) ; deutsche Übersetzung von P. K. FEYERABEND und A. SZABÓ, *Kritik und Erkenntnisfortschritt*, Abhandlungen des Internationalen Kolloquiums über die Philosophie der Wissenschaft (London 1965) = Wissenschaftstheorie, Wissenschaft und Philosophie, Bd. 9 (Braunschweig 1974) ; von wissenschaftshistorischer Seite A. DIEMER (Hrsg.), *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen und die Geschichte der Wissenschaften*, Symposion der Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte anlässlich ihres zehnjährigen Bestehens, 8.-10. Mai 1975 in Münster = Studien zur Wissenschaftstheorie, Bd. 10 (Meisenheim 1977) ; darin speziell F. KRAFFT, « Progressus retrogradis. Die 'Copernicanische Wende' als Ergebnis absoluter Paradigmatreue » (S. 20-48). — Einen guten Überblick über die verschiedenen Ansätze gibt W. DIEDERICH (Hrsg.), *Theorien der Wissenschaftsgeschichte. Beiträge zur diachronen Wissenschaftstheorie* (Frankfurt/M. 1974).

[11] Stets beachtet bei P. K. FEYERABEND (z.B. wie Anm. 9), vgl. etwa seines Schülers, H. F. SPINNER, *Begründung, Kritik und Rationalität*, I : *Die Entstehung des Erkenntnisproblems im griechischen Denken und seine klassische Rechtfertigungslösung aus dem*

Geiste des Rechts, Wissenschaftstheorie, Wissenschaft und Philosophie, Bd. 12 (Braunschweig 1977).

[12] Siehe etwa I. B. COHEN (a) : « The Copernican revolution from an eighteenth-century perspective », in ΠΡΙΣΜΑΤΑ. *Naturwissenschaftsgeschichtliche Studien. Festschrift für Willy Hartner*, hrsg. von Y. MAEYAMA und W. G. SALTZER (Wiesbaden 1977), 43-54 ; denselben (b) : *Scientific revolution. The history of a concept and a name* (New York 1978) ; H.-W. SCHÜTT, « Lichtenberg als Kuhnianer », in *Sudhoffs Archiv* 63 (1979), 87-90.

[13] Zu Duhem als Wissenschaftshistoriker und -theoretiker siehe E. ROSEN, « Renaissance science as seen by Burckhardt and his successors », in *The Renaissance. A reconsideration of the theories and interpretations of the age*, ed. T. HELTON (Madison 1961 ; ²1964), 77-103 ; K. HÜBNER, « Duhems historische Wissenschaftstheorie und ihre gegenwärtige Weiterentwicklung », in *Philosophia naturalis* 13 (1971), 81-97 (wo insbesondere auch gegen das unhistorische Vorgehen moderner Wissenschaftstheorie abgehoben wird) ; H. W. PAUL, « Pierre Duhem, Science and the historian's craft », in *Journal of the History of Ideas* 33 (1972), 497-512.

[14] E. HOPPE (a) : *Mathematik und Astronomie im klassischen Altertum* (Heidelberg 1911) ; derselbe (b) : *Geschichte der Physik* (Braunschweig 1926).

[15] H. SCHIMANK, « Edmund Hoppe oder über Inhalt, Sinn und Verfahren einer Geschichtsschreibung der Physik », in *Archiv für Geschichte der Mathematik, der Naturwissenschaft und der Technik* 11 (1928-29), 345-351. Siehe auch schon A. MEYER [-ABICH], « Was heisst und zu welchem Ende studieren wir Geschichte der Physik ? », *ibid.*, 1 (1927), 37-53.

[16] H. BUTTERFIELD, *The Whig interpretation of history* (London 1931). — Als Gegenbeispiel versteht sich sein Buch : *The origin of modern science 1300-1800* (London 1948 ; new ed. London/New York 1957). Vgl. dazu H. F. KEARNY (a) : *Origins of the scientific revolution* (London 1964) ; und (b) : *The scientific revolution*, deutsch unter dem Titel : *Und es entstand ein neues Weltbild* (München 1971), bes. 17 ff.

[17] Vgl. dazu A. MEYER-ABICH, « Geschichte der Naturwissenschaften oder Geschichte der Naturwissenschaft ? », in *Beiträge zur Methodik der Wissenschaftsgeschichte*, hrsg. von W. BARON = Beiträge zur Geschichte der Wissenschaft und der Technik, Heft 9 (Wiesbaden 1967), 34-41, sowie die in Anm. 15 und 16 genannten Arbeiten.

[18] Zu diesem Begriff und seinem Inhalt siehe F. KRAFFT (a) : « Die Anfänge einer theoretischen Mechanik und die Wandlung ihrer Stellung zur Wissenschaft von der Natur », in *Beiträge zur Methodik der Wissenschaftsgeschichte* (wie Anm. 17), 12-34, denselben (b) : *Geschichte der Naturwissenschaft*, I : *Die Begründung einer Wissenschaft von der Natur durch die Griechen*, Rombach Hochschul Paperback, 23 (Freiburg i.Br. 1971), 11 ff., sowie denselben (c) : « Die Naturwissenschaften und ihre Geschichte. Zu Wesen und Aufgaben der Naturwissenschaftsgeschichte und ihrer Rolle in der Ausbildung von Naturwissenschaftlern », in *Sudhoffs Archiv* 60 (1976), 317-337. — Ich sprach ursprünglich vom 'historischen Raum', während der neue Begriff mehr die die Erfahrungsweisen prägenden Momente einer Zeit hervorhebt — als 'historische Situation' aufgenommen durch K. HÜBNER (a) :

« Philosophische Fragen der Zukunftsforschung », in *Studium Generale* 24 (1971). 851-864, zuletzt (b) : *Kritik der wissenschaftlichen Vernunft* (Freiburg/München 1978),

[19] P. K. FEYERABEND, *op. cit.* (wie Anm. 9), 201, im Anschluss an K. Hübner (siehe Anm. 18).

[20] Vgl. gerade zur Charakterisierung der noch zwitterhaften Einstellung G. SARTON (a) : *The study of the history of mathematics* (Cambridge, Mass. 1936), denselben (b) : *The study of the history of science* (Cambridge, Mass. 1936) — beide zusammen nachgedruckt (c) : New York 1957 ; denselben (d) : *Horus. A guide to the history of science* (Waltham, Mass. 1952) (gleichzeitig jeweils bibliographische Einführungen).

[21] G. SARTON, *A history of science*, 2 Bde. (Cambridge, Mass. 1952-59) ; I : *Ancient science through the golden age of Greece* ; II : *Hellenistic science and culture in the last three centuries B.C.* — G. Sarton war der Gründer und (bis zu seinem Tode) Herausgeber der angesehensten naturwissenschaftshistorischen Zeitschrift *Isis* (siehe Anm. 1) sowie Begründer der Disziplin 'History of science' in Nordamerika; siehe A. THACKRAY/R. K. MERTON, « On discipline building : The paradoxes of George Sarton », in *Isis* 63 (1972), 473-495 (dort auch weitere Literatur zu Sarton).

[22] Mehr stichwortartig und bibliographisch (als Nachschlagewerk gedacht) in G. SARTON, *Introduction to the history of science*, 3 Bde. in 5 (Baltimore 1927-1948). Der die Antike betreffende Band I (*From Homer to Omar Khayyam* [11. Jahrhundert]) ist leider der älteste, nur jeweils unverändert nachgedruckt ; die vier weiteren Bände betreffen nur noch die Zeit des Mittelalters : Die an der Schaltstelle einlaufenden Informationen wuchsen so stark an, dass eine über die blosse Bibliographierung (siehe Anm. 1) hinausgehende Verarbeitung ohne Spezialisierung, wie sie Sarton für sich ablehnte, nicht mehr möglich war.

[23] Vgl. den Sammelband M. GOLDSMITH/A. L. MACKAY (edd.), *The science of science* (London 1964), sowie das Spezialheft der polnischen Zeitschrift *Organon* 3 (1966) — hierin besonders J. D. BERNAL/A. L. MACKAY, « Towards a science of science » (S. 9-17).

[24] D. J. de SOLLA PRICE's *Little science, big science* (New York/London 1963) ist bereits als 'Klassiker' anzusehen ; deutsche Übersetzung : *Little science, big science. Von der Studierstube zur Grossforschung*, Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, 48 (Frankfurt/M. 1974).

[25] G. KRÖBER, « Wissenschaftswissenschaft — Wissenschaftstheorie — Wissenschaftsbegriff », in *Kolloquienreihe des Instituts für Wissenschaftstheorie und -organisation* der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Heft 1 (1971), 22.

[26] Vgl. hierzu die umfassende Kritik unter Einbezug der Gegenposition von K. FISCHER, *Kritik der marxistischen Wissenschaftstheorie. Sozioökonomische Determinierung der Wissenschaft oder Logik der Ideenentwicklung ? Frühgeschichte-Alter Orient-Antike*, Studien zur empirischen und systematischen Wissenschaftsforschung, Bd. 1 (Greven [2]1979).

[27] Einen kritischen Überblick über die westliche und östliche marxistische Wissenschaftshistoriographie gewährt jetzt K. Fischer (wie Anm. 26) ; vgl. auch Anm. 2. Für den Bereich der Antike sind insbesondere zu nennen : B. FARRINGTON (a) :

Science in antiquity (London 1936), derselbe (b) : *Greek science. Its meaning for us* (Harmondsworth 1953 ; erster Teil zuerst London/New York/Toronto 1944 ; ²1947 — deutsch : *Die Wissenschaft der Griechen und ihre Bedeutung für uns* (Wien 1947) — ; zweiter Teil Harmondsworth 1949), derselbe (c) : *Science and politics in the ancient world* (London 1939 ; Woking/London ²1965). — G. THOMSON, *Studies in ancient Greek society*, I: *The prehistoric Aegean* (London 1949 ; ²1954 ; ³1961), II : *The first philosophers* (London 1955 ; ²1961 ; ³1972) ; deutsch von H. G. HEIDENREICH, *Forschungen zur altgriechischen Gesellschaft*, 2 Bde. (*Frühgeschichte Griechenlands und der Ägäis. Die Anfänge der Philosophie*) (Ost-)Berlin 1960 : (West-)Berlin 1974 (nach dieser Ausgabe wird zitiert). — J. D. BERNAL (a) : *Science in history* (London 1954 ; ²1957 ; ³1965 ; illustrierte Ausgabe in 4 Bden. London und Harmondsworth 1969) ; deutsche Übersetzung von L. BOLL, *Die Wissenschaft in der Geschichte* ((Ost-) Berlin 1961 ; ³1967 ; illustriert in 4 Bänden Reinbek bei Hamburg 1970 : nach dieser Ausgabe wird hier zitiert) ; vgl. auch den entsprechenden Abschnitt in desselben (b) : *The extension of man. A history of physics before 1900* (London/Cambridge, Mass. 1972). — S. LURIA, *Anfänge griechischen Denkens* (Berlin 1963). — R. SCHOTTLÄNDER, *Früheste Grundsätze der Wissenschaft bei den Griechen* (Berlin 1964). — G. KRÖBER (Hrsg.), *Wissenschaft und Weltanschauung in der Antike. Von den Anfängen bis Aristoteles* (Berlin 1966). — H. LEY, *Geschichte der Aufklärung und des Atheismus* I (Berlin 1966). — Die russische Literatur ist mir leider nicht zugänglich.

[28] Besonders F. ENGELS, *Dialektik der Natur* [« *Anti-Dühring* »], und *Herrn Eugen Dührings Umwälzung der Wissenschaft*, beides in K. MARX und F. ENGELS, *Werke*, Bd. 20 (Berlin 1962).

[29] Das gilt selbst für die 'klassische' Physik in dieser Form nicht.

[30] F. ENGELS (wie Anm. 28), 469.

[31] W. I. LENIN, *Philosophische Hefte*, in *Werke*, Bd. 38 (Berlin 1964), 270.

[32] Vgl. etwa G. THOMSON, *Studies in ancient Greek Society* (wie Anm. 27), bes. II 274 ff. ; J. D. BERNAL, *Die Wissenschaft...* (wie Anm. 27 a), I 181 ff.

[33] Gerade hierin bereiten oft Begriffsunterschiede erhebliche gegenseitige Verständnisschwierigkeiten.

[34] Vgl. die den Übergang repräsentierenden Beiträge in M. I. FINLEY (ed.), *Slavery in classical antiquity. Views and controversies* (Cambridge 1960).

[35] Eine kritische Übersicht ist gerade im Rahmen der Reihe 'Erträge der Forschung' der Wissenschaftlichen Buchgesellschaft erschienen : N. BROCKMEYER, *Antike Sklaverei* (Darmstadt 1979).

[36] Siehe die zusammenfassende Diskussion und Dokumentation bei K. FISCHER, *Kritik...* (wie Anm. 26), 148 ff. — Entgangen ist ihm dabei sogar das jeder marxistischen Einordnung sich widersetzende Glanzstück griechischer praktischer Wissenschaft und Feinmechanik, ein in einem 1900 von griechischen Schwammfischern vor Antikythera entdeckten Wrack aus dem Anfang des ersten vorchristlichen Jahrhunderts gefundener Metallklumpen, dessen Geheimnisse mit modernen physikalischen Methoden erst in den fünfziger Jahren entschlüsselt werden konnten : D. J. de SOLLA PRICE (a) : « Clockwork before the clock », in *Hori-*

logical Journal 1955/56 ; (b) : « An ancient Greek computer », in *Scientific American*, Juni 1959, 60 ff. ; (c) : *Gears from the Greeks. The Antikythera mechanism — a calendar computer from ca. 80 B.C.*, Transactions of the American Philosophical Society N.S. 64, Part 7 (Philadelphia 1974).

[37] H. DIELS, « Wissenschaft und Technik bei den Hellenen » [1913], in *Antike Technik* (Leipzig/Berlin ²1920 : Neudruck 1924 und Osnabrück 1965), 32 ; dieser Passus fehlt noch in der 1. Auflage, Leipzig/Berlin 1914 ; ähnlich jedoch dort S. 35 (« Antike Türen und Schlösser » [1912]). So dann z.B. auch E. J. DIJKSTERHUIS, *Die Mechanisierung des Weltbildes* [holländisch : Amsterdam 1950] (Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956), 84, der daneben auch die Verachtung der handwerklichen Betätigung durch die Griechen anführt (siehe dazu unten). — Die Sklaverei wurde für den Niedergang griechischer Naturwissenschaft auch schon von dem Chemiker Justus von LIEBIG verantwortlich gemacht : « Die Entstehung der Ideen in der Naturwissenschaft » [1866], in dessen *Reden und Abhandlungen* (Leipzig/Heidelberg 1874 ; Nachdruck Wiesbaden 1965), 310-329 (bes. 321-323).

[38] Siehe L. EDELSTEIN, « Recent trends in the interpretation of ancient science », in *Journal of the History of Ideas* 13 (1952), 573-604, wieder abgedruckt in P. P. WIENER/A. NOLAND (edd.), *Roots of scientific thought. A cultural perspective* (New York 1957) ; G. CAMBIANO, *Platone e le tecniche*, Piccola biblioteca Einaudi, 170 (Torino 1971) ; F. KRAFFT (a) : « ΧΕΡΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ. Vermutungen zum Titel einer Schrift Demokrits », in *Wissenschaft, Wirtschaft und Technik. Studien zur Geschichte, W. Treue zum 60. Geburtstag*, hrsg. von K.-H. MANEGOLD (München 1969), 448-453, denselben (b) : « Archimedes », in *Die Grossen der Weltgeschichte*, hrsg. von K. FASSMANN u.a., I (Zürich 1971), 727-743 ; denselben (c) : « Heron von Alexandria », *ibid.*, II (Zürich 1972), 335-379 ; A. BURFORD, *Craftsmen in Greek and Roman society* (Ithaca, N.Y. 1972) ; weitere Literatur bei K. FISCHER, *Kritik...* (wie Anm. 26), 150-154.

[39] Siehe schon, damalige Ergebnisse aufgrund der durch neue oder erste Edition zugänglichen Schriften zusammenfassend, E. GERLAND/F. TRAUMÜLLER, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst* (Leipzig 1899 ; Neudruck Hildesheim 1965), 11-60.

[40] Siehe dazu F. KRAFFT (wie Anm. 18 a und Anm. 38b/c), denselben (a) : « Die Stellung der Technik zur Naturwissenschaft in Antike und Neuzeit », in *Technikgeschichte* 37 (1970), 189-209.

[41] Gerade die neueste Physik (W. Heisenbergs Unschärferelation) erkannte im Mikrobereich wieder, dass das Experiment als künstlicher Eingriff Einfluss auf die Beobachtungsdaten nimmt und ihre Gewinnung einschränkt.

[42] Das Experiment war *vor* Platon durchaus auch als wissenschaftliches Erkenntnismittel gebräuchlich gewesen ; siehe O. REGENBOGEN, « Eine Forschungsmethode antiker Naturwissenschaft », in *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik* 1 (1930), 131-182, wiederabgedruckt in desselben *Kleine Schriften* (München 1961), 141-194 ; G. E. R. LLOYD, « Experiment in early Greek philosophy and medicine », in *Proceedings of the Cambridge Philological Society* 190 (N.S. 10) (1964), 50-72.

[43] Siehe auch R. HOOYKAAS, *Das Verhältnis von Physik und Mechanik in historischer Hinsicht*, Beiträge zur Geschichte der Wissenschaften und der Technik, Heft 7 (Wiesbaden 1963) ; F. KRAFFT, *Dynamische und statische Betrachtungsweise in der antiken Mechanik*, Boethius, Bd. 10 (Wiesbaden 1970).

[44] Siehe schon den *RE*-Artikel Μηχανή von K. ORINSKY.

[45] F. KRAFFT, « Der Mathematikos und der Physikos. Bemerkungen zu der angeblichen Platonischen Aufgabe, die Phänomene zu retten », in *Alte Probleme — Neue Ansätze*. Drei Vorträge von F. KRAFFT, K. GOLDAMMER, A. WETTLEY, Beiträge zur Geschichte der Wissenschaften und der Technik, Heft 5 (Wiesbaden 1965), 5-24.

[46] Von P. DUHEM, Σώζειν τὰ φαινόμενα. *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée* [ursprünglich : Annales de Philosophie chrétienne 6/1908] (Paris 1908) ; englische Übersetzung : *To save the phenomena* (Chicago/London 1968), bis J. MITTELSTRASS, *Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips* (Berlin 1962) (hierzu F. KRAFFT, in *Sudhoffs Archiv* 49 (1965), 221-223). — Grundlage bildete der Versuch Paul NATORPS (*Platons Ideenlehre. Eine Einführung in den Idealismus*, Leipzig 1913) die Ideenlehre Platons im Sinne des Positivismus als 'richtigen Methodenansatz' zu retten und die Ideen als 'Gesetz', 'Hypothese' im Sinne positivistischer Naturwissenschaft zu deuten — wobei die (fälschliche) spätantike Zuweisung dieses 'Forschungsprinzips' als von Platon gestellte Aufgabe willkommene Stütze gewesen war. Nicht zuletzt aufgrund der Kritik Julius Stenzels hat Natorp von dieser Interpretation allerdings 1921 in einem « metakritischen Anhang » zur zweiten Auflage Abstand genommen ; siehe hierzu J. MITTELSTRASS, *op. cit.*, 11-28, und die Einführung H.-G. GADAMERS (« Die philosophische Bedeutung Paul Natorps ») zu P. NATORP, *Philosophische Systematik*, hrsg. von H. NATORP (Hamburg 1958), hier auch besonders S. 280 f. und 346.

[47] F. KRAFFT, « Physikalische Realität oder mathematische Hypothese ? Andreas Osiander und die physikalische Erneuerung der antiken Astronomie durch Nicolaus Copernicus », in *Philosophia naturalis* 14 (1973), 243-275.

[48] F. KRAFFT, « Der Weg von den Physiken zur Physik an den deutschen Universitäten », in *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 1 (1978), 123-162.

[49] Bei der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Universität Cambridge an Charles Darwin im November 1877 brachte Thomas H. Huxley folgenden Toast aus : « Ob die Entwicklungslehre richtig oder falsch ist, sei dahingestellt; ich nehme jedoch an, dass ich nicht zu weit gehen werde, wenn ich sage, dass seit jener Zeit, als Aristoteles seine grosse Verallgemeinerung der für ihn neuesten biologischen Erkenntnisse vollzogen hat, kein einziges Werk geschaffen worden war, das sich mit der 'Entstehung der Arten'... vergleichen könnte. » Siehe S. L. SOBOL (Hrsg.), *Charles Darwin, Autobiographie* [Moskau 1957] (Leipzig/Jena 1959), 195. — J. H. RANDALL (*Aristotle*, New York 1960) zitiert Darwins Ausspruch : « Linné und Cuvier waren meine beiden Götter, aber verglichen mit dem alten Aristoteles waren sie reine Schulbuben. »

[50] A. HELLER, *Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit*, I: *Von Aristoteles bis Galilei* (Stuttgart 1882 ; Neudruck Wiesbaden 1966).

[51] G. L. L. de BUFFON, *De la manière d'étudier et de traiter l'Histoire naturelle* [1749], in BUFFON, *Œuvres philosophiques*, éd. par J. PIVETEAU (Paris 1954), 20-22.

[52] Vgl. D. v. ENGELHARDT, *Historisches Bewusstsein in der Naturwissenschaft von der Aufklärung bis zum Positivismus*, Orbis acamedicus, Sonderband 4 (Freiburg/München 1979), bes. 112-117.

[53] J. S. C. SCHWEIGGER (a) : *Ueber die älteste Physik und den Ursprung des Heidenthums aus einer missverstandenen Naturweisheit* (Nürnberg 1821), (b) : *Einleitung in die Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft* (Halle 1836). — Siehe insbesondere auch FISCHER, *Beiträge zur Urgeschichte der Physik* (Nordhausen 1833).

[54] L. DUTENS, *Recherches sur l'origine des découvertes attribuées aux modernes*... (Paris 1766 und zahlreiche weitere Auflagen).

[55] J. S. C. SCHWEIGGER, *Ueber das Elektron der Alten und den fortdauernden Einfluss der Mysterien des Alterthums auf die gegenwärtige Zeit* (Greifswald 1848). — Ausgangspunkt bildete die Deutung der mythischen Erzählungen über Gog und Magog durch den französischen Astronomen und Astronomiehistoriker Jean-Sylvain BAILLY (*Histoire de l'astronomie ancienne, depuis son origine jusqu'à l'établissement de l'école d'Alexandrie*, Paris 1775 ; [2]1781 ; [3]1805 ; deutsch von C. E. WÜNSCH : Leipzig 1777 ; sowie : *Lettres sur l'origine des sciences et sur celle des peuples de l'Asie*, London/Paris 1777), der darin Nachrichten über ein kenntnisreiches, durch die grosse Flut (Sintflut) untergegangenes Volk in Asien sah, von dem das « Licht der Wissenschaft und der Philosophie » nach Süden zu den Indern und Chaldäern gelangt wäre. (Dass ein solcher Gedanke immer wieder einmal aufgenommen wird, zeigen die 'Untersuchungen' von Dänikens und anderer, die heute aber wissenschaftlich nicht mehr ernsthaft diskutiert werden.) Zu Bailly siehe E. B. SMITH, « Jean-Sylvain Bailly — Astronomer, mystic, revolutionary 1736-1793 », in *Transactions of the American Philosophical Society*, N.S. 44, Part 4 (Philadelphia 1954), 427-538.

[56] In William WHEWELL, *Geschichte der inductiven Wissenschaften*, übersetzt mit Anmerkungen von J. J. von LITTROW, 3 Bde. (Stuttgart 1840-1841), hier I 68. (*History of the inductive sciences from the earliest to the present times*, 3 Bde. (London 1837 ; [2]1857 [Nachdruck Hildesheim 1977]) ; wegen der korrigierenden und teilweise programmatischen Anmerkungen ist von Littrows — posthum erschienene — Übersetzung vorzuziehen.)

[57] Platon, *Ti.* 36 b-d. Es geht an dieser vermutlich gemeinten Stelle um die Zuteilung der verschiedenen Bewegungskomponenten der als zusammengesetzt aufgefassten Planetenbewegungen.

[58] Insbesondere der Dioskurensage, in der nach Schweigger und Fischer die Kenntnis der (später aufgegebenen) polar entgegengesetzten Imponderabilien der Elektrizität bzw. der Polarität der elektrischen Kräfte nachklinge.

[59] Th. H. MARTIN (a) : *Etudes sur le Timée de Platon* (Paris 1841) ; derselbe (b) : *La foudre, l'électricité, et le magnétisme chez les ancienns* (Paris 1866).

[60] J. Chr. POGGENDORFF, *Geschichte der Physik. Vorlesungen*, gehalten an der Universität zu Berlin (Leipzig 1879).

[61] Siehe Anm. 50.

[62] J. K. F. ROSENBERGER, *Die Geschichte der Physik in Grundzügen mit synchronistischen Tabellen der Mathematik, Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften sowie der allgemeinen Geschichte*, 3 Bde. (Braunschweig 1882-1890 ; Nachdruck 2 Bde., Hildesheim 1965).

[63] Vgl. auch A. von URBANITZKY, *Elektricität und Magnetismus im Alterthume* (Wien/Pest/Leipzig 1887), bes. 234 ff., der daraufhin es für diese Bereiche nachholt.

[64] J. K. F. ROSENBERGER, *op. cit.* (wie Anm. 62), I 11 (siehe auch S. 36).

[65] E. WILDE (a) : *Ueber die Optik der Griechen*, Programm Berlin 1832 (hier S. 6) ; siehe auch desselben (b) : *Geschichte der Optik vom Ursprung dieser Wissenschaft bis auf die gegenwärtige Zeit*, 2 Bde. (Berlin 1838-1843 ; Nachdruck Wiesbaden 1968).

[66] Siehe dazu A. HELLER, *Geschichte der Physik...* (wie Anm. 50), I 69 ; J. K. F. ROSENBERGER, *op. cit.* (wie Anm. 62), I 4 (auch L. Ideler hatte sich der Sehweise Wildes angeschlossen).

[67] Lucr. II 114-141.

[68] S. SAMBURSKI, *Das physikalische Weltbild der Antike* (Zürich/Stuttgart 1965), 161 f. — Dieses Buch bildet eine übersetzte Zusammenfassung früherer Darstellungen : *The physical world of the Greeks* [hebräisch 1954] (London 1956) ; *Physics of the Stoics* (London 1959) ; *The physical world of late antiquity* (London 1962). Sie sind aus dem Blickwinkel eines modernen Physikers geschrieben, geben dadurch häufig neuartige Interpretationshilfen, betonen aber zu sehr die 'Modernität' der antiken Physik in Einzelheiten (Einzelkenntnissen).

[69] Vgl. etwa J. BURNET (zusammenfassend), *Early Greek philosophy* (London [3]1920). Sehr viel zurückhaltender (und angemessener) etwa D. R. DICKS, *Early Greek astronomy to Aristotle* (London 1970), und bezüglich der älteren Pythagoreer und Platons W. BURKERT, *Weisheit und Wissenschaft. Studien zu Pythagoras, Philolaos und Platon* (Nürnberg 1962). Als von ausgewogener Zurückhaltung erweisen sich immer wieder die entsprechenden Partien bei Wilhelm CAPELLE, *Die Vorsokratiker. Die Fragmente und Quellenberichte übersetzt und eingeleitet*, Kröners Taschenausgabe, Bd. 119 [1935] (Stuttgart [4]1953).

[70] J. F. W. HERSCHEL, *Preliminary Discourse on the study of natural philosophy* (London 1830 ; deutsch : Göttingen 1836, hier S. 109).

[71] Nach D. v. ENGELHARDT, *op. cit.* (wie Anm. 52), 175, wo ähnliche Stellungnahmen des Tübinger Botanikers Hugo von MOHL (*Rede* von 1863, im Vorfeld der ersten Abspaltung einer Naturwissenschaftlichen Fakultät aus der Philosophischen Fakultät), und des französischen Naturforschers George CUVIER (*Histoire des sciences naturelles, depuis leur origine jusqu'à nos jours* I-V, Paris 1841-1845) erwähnt werden.

[72] K. L. v. LITTROW, *Ueber das Zurückbleiben der Alten in den Naturwissenschaften*, 2. Abdruck (Wien 1869). (Karl Ludwig von Littrow war Sohn und Nachfolger als Direktor der Wiener Sternwarte Joseph Johann von Littrows.)

[73] E. DU BOIS-REYMOND, « Culturgeschichte und Naturwissenschaft » [Vortrag 1877], in *Reden*. Erste Folge : *Literatur-Philosophie-Zeitgeschichte* (Leipzig 1886), 240-306 ; hier 248.

[74] Bereits im Vorwort zum ersten Sonderdruck des Vortrages (1878) hatte E. Du Bois-Reymond, was er später in Anm. 22 (*op. cit.*, 301 f.) wiederholte, ohne den Vortrag selber zu ändern, auf den Vortrag des Berliner Astronomen Wilhelm FOERSTER (« Die Astronomie des Alterthums und des Mittelalters im Verhältnis zur neueren Entwicklung », in *Sammlung wissenschaftlicher Vorträge* (Berlin 1876), 1-29) hingewiesen, auf den ihn der Verfasser nachträglich aufmerksam gemacht hatte und in dem die Meinung v. Littrows als irrig widerlegt und festgestellt wurde, dass die Alten wenigstens in der Astronomie schon auf dem richtigen Wege induktiver Forschung sich befunden hätten. Er fügte jedoch der Richtigstellung Foersters hinzu : « Selbst wenn Littrow im Einzelnen sich irrte, bliebe übrigens sein Urtheil über die Naturwissenschaft der Griechen im Allgemeinen... bestehen... ».

[75] Hierzu verweist er auf E. ZELLER, *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung*, 2. Theil, 1. Abtheilung (Leipzig ^{3}1875), 108.

[76] J. v. LIEBIG, *Reden und Abhandlungen* (wie Anm. 37), 313-315.

[77] « Auch ich habe diese an Worten und Ideen so reiche, an wahrem Wissen und gediegenen Studien so arme Periode durchlebt, sie hat mich um zwei kostbare Jahre meines Lebens gebracht ; ich kann den Schreck und das Entsetzen nicht schildern, als ich aus diesem Taumel zum Bewusstsein erwachte. » Zitiert nach W. OSTWALD, *Vorlesungen über Naturphilosophie*, gehalten im Sommer 1901 an der Universität Leipzig (Leipzig ^{2}1902), 1 (Ostwald behandelt nur das 19. Jahrhundert).

[78] Vgl. die Diskussion einer möglichen Zuweisung der aristotelischen *Physik* zur Naturwissenschaft oder Naturphilosophie im modernen Sinne in der Einleitung von G. A. SEECK (« Aristoteles zwischen Naturphilosophie und Naturwissenschaft ») in dem von ihm herausgegebenen Band : *Die Naturphilosophie des Aristoteles*, Wege der Forschung, Bd. 225 (Darmstadt 1975), S. IX-XX.

[79] So lautet der Gesamttitel eines Unternehmens des ausgehenden 18. und beginnenden 19. Jahrhunderts : « *Geschichte der Künste und Wissenschaften seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts*, Von einer Gesellschaft gelehrter Männer ausgearbeitet » — in dem etwa die siebenbändige *Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung*... von Johann Carl FISCHER (Göttingen 1801-1810) mit einigen Denkern des 16. Jahrhunderts, « welche es wagten, der Aristotelischen Philosophie zu widersprechen » beginnt, während Abraham Gotthelf KÄSTNERS *Geschichte der Mathematik* [d.h. der mathematischen Wissenschaften im älteren Sinne] *seit der Wiederherstellung*... (4 Bde., Göttingen 1796-1800 ; Neudruck mit einem Vorwort von J. E. HOFMANN , Hildesheim/New York 1970), literärgeschichtlich ausgerichtet, nur weniges zur Antike aus Anlass von Ausgaben der frühen Neuzeit sagt ; vgl. bereits die zeitgenössische Kritik bei J. E. HOFMANN (S. XIV-XVII).

[80] Siehe D. v. ENGELHARDT, *op. cit.* (wie Anm. 52), 161 ff.

[81] Siehe P. GLORIEUX, *Pour revaloriser Migne* (Lille 1954).

[82] Neuausgabe : *Aristotelis opera*, ex recensione Immanuelis BEKKERI. Edidit Academia Regia Borussica. Accedunt *Fragmenta*, *Scholia*, *Index Aristotelicus*.

Editio altera, addendis instruxit, fragmentorum collectionum retractavit Olof GIGON, 5 Bde. (Berlin/New York 1960-1962).

[83] Neuere Unternehmen erfassen Editionen der arabischen und lateinischen Übersetzungen Platons und Aristoteles' und ihrer Kommentatoren im Mittelalter ; siehe die Übersicht in F. KRAFFT, *art. cit.* (wie Anm. 4), 112-114 ; 124 f.

[84] Theophrasti Eresii *quae supersunt opera et excerpta librorum*, ed. J. G. SCHNEIDER, 4 Bde. (Leipzig 1818) ; Bd. 5 : *Ergänzungen, Kritiken* [A. KORAËS, K. SPRENGEL], *Fragmente* [V. ROSE] (Leipzig 1821) — mit lateinischer Übersetzung und Kommentar. Vorangegangen war : Aristotelis *de animalibus historiae libri X*. Graece et Latine. Textum recensuit I. G. SCHNEIDER, 4 Bde. (Leipzig 1811) (G. Cuvier gewidmet).

[85] Vgl. E. W. GUDGER, « Pliny's Historia Naturalis. The most popular natural history ever published », in *Isis* 6 (1924), 269-281, der 222 vollständige und 281 Teilausgaben von der *editio princeps* (1469) bis 1799 anführt.

[86] Vgl. die Literaturhinweise im ersten Band der ersten lateinisch-deutschen Ausgabe (C. Plinius Secundus d.Ä., *Naturkunde*. Lateinisch-deutsch. Buch I, hrsg. und übersetzt von R. KÖNIG in Zusammenarbeit mit G. WINKLER (München 1973), 338 ff.) — Bei den Literaturberichten ist zu ergänzen K. SALLMANN, « Plinius der Ältere 1938-1970 », in *Lustrum* 18 (1975), 5-299 (und 345-352).

[87] Das wirkt für Plinius' *Historia naturalis* weitgehend noch bis heute nach, soweit sie als naturwissenschaftliches Werk betrachtet wird. Eine zeitgerechtere Beurteilung bricht sich nur langsam Bahn ; siehe R. LENOBLE, « Les obstacles épistémologiques dans l'Histoire naturelle de Pline », in *Thalès* 8 (1952), 87-106 ; aus der neuen lateinisch-französischen Ausgabe der Association Guillaume Budé insbesondere Band 2 : Pline l'Ancien, *Histoire naturelle*, Livre II, texte établi, traduit et commenté par Jean BEAUJEU (Paris 1950), aber auch die von E. de SAINT-DENIS herausgegebenen Teile. Vgl. K. SALLMANN, *art. cit.* (wie Anm. 86), insbesondere 18-21 : « Zur 'Wissenschaftlichkeit' des Plinius ».

[88] K. SALLMANN (wie Anm. 86), 9.

[89] E. LITTRÉ (éd.), *Œuvres complètes d'Hippocrate*, traduction nouvelle avec le texte grec en regard, Vol. I (Paris 1839), 477-478. (Littré war Schüler von A. Comte.)

[90] Brief G. Cuviers an Pfaff vom 17.XI.1788. Die *Historia animalium* (*Histoire des Animaux* d'Aristote, avec la traduction française, par Armand-Gaston CAMUS, 2 Bde. (Paris 1783)) waren ihm damals 'Leitfaden' bei der Untersuchung der Meeresfauna vor der Normandie ; vgl. insbesondere G. CUVIER, *Histoire des sciences naturelles, depuis leur origine jusqu'à nos jours, chez tous les peuples connus*, posthum hrsg. von M. de SAINT-AGY, 5 Bde. (Paris 1841-1845).

[91] P. FLOURENS, *De l'unité de composition et du débat entre Cuvier et Geoffroy de Saint-Hilaire* (Paris 1865), hier S. 508 bzw. 114.

[92] Vgl. Peter PETERSEN, *Goethe und Aristoteles* (Berlin usw. 1914).

[93] K. SCHLECHTA, *Goethe in seinem Verhältnis zu Aristoteles. Ein Versuch*, Frankfurter Studien zur Religion und Kultur der Antike, Bd. 16 (Frankfurt/M. 1938) (1. Teil : *Goethes Aristoteleslektüre* ; 2. Teil : *Die innere Verwandtschaft der Goethe-*

schen und der Aristotelischen Naturanschauung) ; K. GAISER, « Platons Farbenlehre », in *Synusia. Festgabe für W. Schadewaldt* (Pfullingen 1965), 173-222.

[94] K. SPRENGEL (a) : *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneykunde*, 5 Bde. [1792-1803] ; Theil 1, 4. Aufl. mit Berichtigungen und Zusätzen von J. ROSENBAUM (Leipzig 1846) ; Theil 2-5, 3. Aufl. (Halle 1823-1828) ; Theil 6 von B. EBLE (Wien 1837-1840) (siehe hierzu E. HEISCHKEL[-ARTELT], « Die Geschichte der Medizingeschichtsschreibung », Anhang zu : W. ARTELT, *Einführung in die Medizinhistorik* (Stuttgart 1949), 202-237, hier 221-223) ; derselbe (b) : *Geschichte der Botanik*, 2 Bde. (Altenburg 1817-1818).

[95] Danach erst wieder M. WELLMANN (ed.), Pedanii Dioscuridis Anazarbei *De materia medica* libri quinque, 3 Bde. (Berlin 1907-1914 ; Neudruck Berlin 1958).

[96] Noch weitgehend zugrundegelegt von A. HORT (ed.), Theophrastus, *Enquiry into plants*... with an English translation, 2 Bde. (London/Cambridge, Mass. [1916] 1961) (The Loeb Classical Library).

[97] Theophrasti Eresii *historia plantarum* (Breslau 1842). — Theophrasti Eresii *opera quae supersunt omnia Graeca*, recensuit Latine interpretatus est, indices rerum et verbum absolutissimos adjecit F. WIMMER (Paris o.J. ; Neudruck Paris 1931) ; dieser Text wurde in die Teubner-Edition übernommen (3 Bde., Leipzig 1854-62 — noch nicht ersetzt). — Vgl. auch F. WIMMER, *Phytologiae Aristotelicae fragmenta* (Breslau 1838) ; sowie die Dissertationen A. W. HENSCHEL, *Dissertatio historico-botanica de Aristotele botanico philosopho* (Breslau 1823) ; O. KIRCHNER, *De Theophrasti libris phytologicis* (Breslau 1874).

[98] H. AUBERT/Fr. WIMMER (Hrsgg.), Aristoteles' *Fünf Bücher von der Zeugung und Entwicklung der Thiere*, Aristoteles *Werke*. Griechisch und deutsch und mit sacherklärenden Anmerkungen, Bd. 3 (Leipzig 1860 ; Neudruck Aalen 1978) ; Aristoteles *Thierkunde*. Kritisch berichtigter Text mit deutscher Übersetzung, sachlicher und sprachlicher Erklärung und vollständigem Index von H. AUBERT und Fr. WIMMER (Leipzig 1868). (Neuausgabe der *Historia animalium* durch L. DITTMEYER, Leipzig, Teubner, 1907).

[99] E. H. F. MEYER (a) : *Botanische Erläuterungen zu Strabons Geographie* (Königsberg 1852) ; derselbe (b) : *Geschichte der Botanik*, 4 Bde. (Königsberg 1854-1857 ; Nachdruck Amsterdam 1965).

[100] E. de CANDOLLE, *Recherches sur la botanique des anciens* (Genève 1851).

[101] J. H. DIERBACH, *Die botanische Terminologie älterer Zeiten im Auszuge* (Heidelberg 1824).

[102] C. FRAAS, *Synopsis plantarum florae classicae* (München ^{2}1870) (aufbauend auf K. Sprengels Identifikationen).

[103] J. H. SCHULTES, *Grundriss einer Geschichte und Literatur der Botanik von Theophrastos Eresios bis auf die neuesten Zeiten* (Wien 1817).

[104] C. SPERANZA, *Teofrasto primo botanico* (Firenze 1841).

[105] J. V. CARUS, *Geschichte der Zoologie bis auf J. Müller und Ch. Darwin* (München 1872).

[106] B. LANGKAVEL (a): *Botanik der späteren Griechen vom dritten bis dreizehnten Jahrhunderte* (Berlin 1866), (b) : Ausgabe von Aristoteles' *De partibus animalium* (Leipzig, Teubner, 1868).

[107] J. Bona MEYER, *Aristoteles Thierkunde. Ein Beitrag zur Geschichte der Zoologie, Physiologie und alten Philosophie* (Berlin 1855), hier S. VI.

[108] Zur weiteren Forschung siehe die Einleitung von A. L. PECK zu: Aristotle, *Historia animalium*, in three volumes, I: Books I-III, with an English translation, The Loeb Classical Library (London/Cambridge, Mass. 1965); weiterhin: B. HOPPE, *Biologie, Wissenschaft von der belebten Materie von der Antike zur Neuzeit*, Sudhoffs Archiv, Beiheft 17 (Wiesbaden 1976).

[109] Für die Erforschung der antiken Botanik gingen wieder neue Impulse aus von Hugo BRETZL (*Botanische Forschungen des Alexanderzuges* (Leipzig 1903); sein Kommentar zur *Historia plantarum* liegt noch ungedruckt in Berlin) und Gustav SENN (*Die Entwicklung der biologischen Forschungsmethode in der Antike und ihre grundsätzliche Förderung durch Theophrast von Eresos* (Aarau 1933); *Die Pflanzenkunde des Theophrast von Eresos, seine Schrift über die Unterscheidungsmerkmale der Pflanzen und seine Kuntsprosa*, hrsg. und eingeleitet von O. GIGON (Basel 1956) ; Schriftenverzeichnis in *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel* 56/2 (1945), XI ff.).

[110] H. DRIESCH (a): *Philosophie des Organischen* (Leipzig 1908; [2]1929); vergleiche auch die Einordnung des « ersten Vitalisten » Aristoteles in seiner (b): *Geschichte des Vitalismus*, Natur- und Kulturphilosophische Bibliothek, Bd. 3 (Leipzig 1922), sowie (c): *Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre* (Leipzig 1905).

[111] Das wurde wieder zurechtgerückt von W. KULLMANN, *Die Teleologie in der aristotelischen Biologie. Aristoteles als Zoologe, Embryologe und Genetiker*, Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Philos.-histor. Klasse 1979/2 (Heidelberg 1979).

[112] P. STEINMETZ, *Die Physik des Theophrastos von Eresos*, Palingenesia, Bd. 1 (Bad Homburg usw. 1964).

[113] Insbesondere der deutsche Artillerieoffizier W. Rüstow, der französische General de Reffye (im Auftrag Napoleons III gemeinsam mit dem elsässischen Philologen C. Wescher) und der sächsische Offizier und spätere Generalmajor Dr. Erwin Schramm (gemeinsam mit den Philologen Rudolf Schneider und Hermann Diels); vgl. H. DIELS, « Die Antike Artillerie », in *Antike Technik* (wie Anm. 37).

[114] M. THÉVENOT (ed.), *Veterum mathematicorum Athenaei, Apollodori, Philonis, Bitonis, Heronis et aliorum opera Graece et Latine ex manuscriptis codicibus Bibliothecae Regiae pleraque nunc primum edita* (Paris 1693).

[115] H. KÖCHLY/W. RÜSTOW (edd.), *Griechische Kriegsschriftsteller*, griechisch und deutsch, 2 Bde. (Leipzig 1853-1855) ; C. WESCHER (ed.), *La Poliorcétique des Grecs* (Paris 1867) ; A. de ROCHAS d'AIGLUN (ed.), *Poliorcétique des Grecs. Traité de fortification, d'attaque et de défense des places par Philon de Byzance* [1870-71] (Paris 1872); R. SCHOENE (ed.), Philonis *mechanicae syntaxis libri quartus et quintus* (Berlin 1893); R. SCHNEIDER (a) : *Artillerie des Mittelalters* (Berlin 1910) ; derselbe (b) : *Griechische Poliorketiker* I-III, Abhandl. der Göttinger Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, N.F. X/1, XI/1, XII/5 (Göttingen 1908-1912) ; derselbe

(c) : *Die antiken Geschütze der Saalburg* (Berlin 1913) ; E. SCHRAMM, *Die antiken Geschütze der Saalburg* (Berlin 1918) ; H. DIELS/E. SCHRAMM (edd.) (a) : Herons *Belopoiika*, griechisch und deutsch, Abh. der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, 1918/2 (Berlin 1918), dieselben (b) : Philons *Belopoiika* (*Viertes Buch der Mechanik*), griechisch und deutsch, *ibid.*, 1918/16 (Berlin 1919) ; dieselben (c) : *Exzerpte aus Philons Mechanik B. VII und VIII* (*vulgo fünftes Buch*), griechisch und deutsch, *ibid.*, 1919/12 (Berlin 1920); A. REHM/E. SCHRAMM (edd.), Bitons *Bau von Belagerungsmaschinen*, griechisch und deutsch, Abh. der Bayer. Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, N.F. 2 (München 1929). — E. W. MARSDEN, *Greek and Roman artillery*, 2 Bde. (Oxford 1969-1971), Bd. 1 : *Historical development* ; Bd. 2 : *Technical treatises*.

[116] Vgl. noch P.-S. LAPLACE, *Précis de l'histoire de l'astronomie* [ursprünglich als Einleitung zu *Exposition du système du monde*, 1796] (Paris 1821) ; J. J. de LALANDE (a) : *Astronomie* (Paris 1764 ; ^{2}1771 ; ^{3}1792 (3 Bde.)) ; derselbe (b) : *Bibliographie astronomique* (Paris 1803) ; J.-S. BAILLY (wie Anm. 55).

[117] J. B. J. DELAMBRE, *Histoire de l'astronomie ancienne*, 2 Bde. (Paris 1817) (der zweite Band widmet sich ausschliesslich dem *Almagest* des Ptolemaios nach der Ausgabe von Halma — siehe Anm. 119) ; *Histoire de l'astronomie du Moyen Age* (Paris 1819) ; *Histoire de l'astronomie moderne*, 3 Bde. (Paris 1821-1827). — Bei den orientalischen Quellen fand er Unterstützung in Jean Jacques Emmanuel Sédillot (1777-1832), der Professor der türkischen Sprache in Paris und Adjunkt am Längenbüro war und seine zweiseitigen Interessen auf den Sohn Louis Pierre Eugène Amadée Sédillot (1808-1875) vererbte, der erste Vorarbeiten zu einem Vergleich griechischer und orientalischer mathematischer Wissenschaften lieferte : *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les Grecs et les orientaux*, 2 Bde. (Paris 1845-1849). Vgl. hierzu jetzt G. HUXLEY, *The interaction of Greek and Babylonian astronomy* (Belfast 1964), sowie unten Anm. 161.

[118] Dadurch war der Versuch von J. K. SCHAUBACH (Schulinspektor, 1764-1849), *Geschichte der griechischen Astronomie bis auf Eratosthenes* (Göttingen 1809), der bereits vor den eigentlichen technischen Theorien (von Hipparchos und Aristarchos an) der Astronomie kapituliert hatte, rasch überholt.

[119] Seit der *editio princeps* (Basel 1538 mit den Kommentaren Theons von Alexandria) die erste griechische Ausgabe des *Almagest* und anderer Schriften des Ptolemaios, die bis heute die einzige der « Handlischen Tafeln » geblieben ist : *Composition mathématique* de Claude Ptolémée, traduite pour la première fois en français par N. B. HALMA, suivie de notes de M. DELAMBRE, 2 Bde. (Paris 1813-1816) ; *Table chronologique des règnes... apparitions des fixes* de C. Ptolémée, Théon d'Alexandrie etc., et *Introduction* de Géminus... par N. B. HALMA, suivies des recherches... de M. IDELER (Paris 1819) ; *Hypothèses et époques des planètes* de C. Ptolémée et *hypotyposes* de Proclus Diadochus... par N. B. HALMA (Paris 1820) ; *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le premier livre de la composition mathématique de Ptolémée...* par M. l'abbé HALMA, 2 Bde. (Paris 1821) ; *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur le livre III de l'Almageste de Ptolémée...* (Paris 1822) ; *Commentaire de Théon d'Alexandrie sur les tables manuelles astronomiques de Ptolémée...* par N. B. HALMA, 3 Bde. (Paris 1822-1825).

[120] C. L. IDELER (a) : *Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie*, 2 Bde. (Berlin 1825-1826) ; derselbe (b) : *Historische Untersuchungen über die astronomischen Beobachtungen der Alten* (Berlin 1806) ; (c) : *Ueber den Kalender des Ptolemäus*, Abh. der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, 1816-1817 (Berlin 1819). — Sein früh verstorbener Sohn Julius Ludwig IDELER (1819-1842), Lehrer am Real-Gymnasium in Neu-Köln und Privatdozent an der Berliner Universität, gab heraus: *Meteorologia veterum Graecorum et Romanorum* (Berlin 1932) ; Aristotelis *meteorologicorum libri IV*, 2 Bde. (Leipzig 1834-1836).

[121] G. BILFINGER, *Die Zeitmessung der antiken Völker* (Stuttgart 1886) ; *Die antiken Stundenangaben* (Stuttgart 1888) ; *Der Bürgerliche Tag* (Stuttgart 1888).

[122] J. H. MÄDLER, *Geschichte der Himmelskunde von der ältesten bis auf die neueste Zeit*, 2 Bde. (Braunschweig 1873).

[123] R. WOLF (a) : *Geschichte der Astronomie* (München 1877 ; Nachdruck New York 1965) ; (b) : *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur*, 2 Bde. (Zürich 1890-1892 ; *Handbuch der Mathematik, Physik, Geodäsie und Astronomie*, 2 Bde., Zürich 1870-1872). — Bemerkenswert ist, dass die *Geschichte* im Rahmen der Reihe 'Geschichte der Wissenschaften in Deutschland, Neuere Zeit' erschien, und trotzdem mehr als ein Viertel des Umfangs (S. 3-218) der Antike widmete, während das Mittelalter, in dem keine wesentlichen Fortführungen des mathematischen Kalküls zu verzeichnen sind, entsprechend der Zeitauffassung des Positivismus nur kurz gestreift wurde.

[124] G. V. SCHIAPARELLI (a) : *I precursori di Copernico nell'antichità* (Milano 1875 ; deutsch von M. CURTZE, Leipzig 1876 [Altpreuss. Monatsschrift 13]) ; (b) : *Le sfere omocentriche di Eudosso, di Calippo e di Aristotele* (Milano 1876 ; deutsch von M. HORN in *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik* 1/1877) ; weiteres in : *Scritti sulla storia della astronomia antica*, 3 Bde. (Bologna 1925-1927).

[125] N. HERZ, *Geschichte der Bahnbestimmung von Planeten und Kometen*, 2 Bde. (Leipzig 1887-1894), Teil 1 : *Die Theorien des Alterthums* ; Teil 2 : *Die empirischen Methoden*.

[126] J. L. E. DREYER, *History of the planetary systems from Thales to Kepler* (London usw. 1906 ; Neudruck « revised with a foreword by W. H. STAHL » unter dem Titel : *A history of astronomy from Thales to Kepler*, New York 1953).

[127] Neudruck Paris 1960. Hier wird im Sinne des zeitgenössischen 'Mathematik'-Begriffs (siehe F. KRAFFT, wie Anm. 48) allerdings nicht nur die (reine) Mathematik im Sinne des 19. und 20. Jahrhunderts behandelt. Vgl. *Osiris* 1 (1936), 519-567.

[128] M. CHASLES, *Aperçu historique sur le développement des méthodes en géométrie* (Brüssel 1837 ; Paris ^{2}1879 ; ^{3}1889), deutsch von dem Mathematiker L. A. SOHNCKE, *Geschichte der Geometrie* (Halle 1839) (russisch 1871/72).

[129] Teile des 5. Buches (Buch 1 und Teile von Buch 2 sind verloren) hatte H. J. EISENMANN (Paris 1824) bereits herausgegeben, den erhaltenen Teil von Buch 2 der englische Mathematiker John WALLIS (*Opera mathematica*, Bd. 3, Oxford 1699), andere Teile in den Apollonios-Ausgaben von Edmund HALLEY (1706, 1710 ; siehe Anm. 135) und anderen. Vgl. hierzu die Praefatio von F. HULTSCH (wie Anm. 133, S. xv ff.).

[130] M. CHASLES, *Les trois livres de porismes d'Euclide rétablis pour la première fois d'après la notice et les lemmes de Pappos...* (Paris 1860).

[131] C. I. GERHARDT (a) : *Die Geschichte der Entdeckung der höheren Analysis* (Halle 1855) ; (b) : *Das Rechenbuch* des Maximus Planudes... Nach den Handschriften der Kais. Bibliothek zu Paris herausgegeben von C. I. GERHARDT (Halle 1865).

[132] *Der Sammlung des Pappus von Alexandrien siebentes und achtes Buch*, griechisch und deutsch hrsg. von C. I. GERHARDT (Halle 1871).

[133] Pappi Alexandrini *Collectionis quae supersunt* e libris manu scriptis edidit Latina interpretatione et commentariis instruxit Fr. HULTSCH, 3 Bde. (Berlin 1875-1878).

[134] F. HULTSCH, *Griechische und römische Metrologie*, Handbuch der Klassischen Altertums-Wissenschaft (Nördlingen 1862) ; *Metrologicorum scriptorum reliquiae*, 2 Bde. (Leipzig 1864-1866). Daneben viele Einzelabhandlungen zur griechisch-römischen Metrologie, Mathematik und Physik.

[135] H. G. ZEUTHEN (a) : *Die Lehre von den Kegelschnitten im Altertum* [Dänisch : Kopenhagen 1885 ; deutsch von R. von FISCHER-BENZON] (Kopenhagen 1886 ; Neudruck mit einem Vorwort und Register von J. E. HOFMANN, Hildesheim 1966). Neben vielen kleineren Abhandlungen siehe auch besonders seine (b) : *Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter* [Dänisch : Kopenhagen 1893] (Kopenhagen 1895) (eine von O. NEUGEBAUER revidierte und ergänzte Neuausgabe erschien 1949). — Neben der *Collectio* des Pappos und den *Konika* des Apollonios (siehe auch Anm. 137) waren Quellen die nur in arabischer Übersetzung erhaltenen Schriften *De sectione rationis* (lateinische Übersetzung des englischen Astronomen Edmund HALLEY, Oxford 1706) und *De inclinationibus* des Apollonios von Perge (lateinische Übersetzung von Samuel HORSLEY : Apollonii Pergaei *Inclinationum Libri duo* (Oxford 1770) ; vgl. Reuben BURROW , *A restitution of the Geometrical Treatise of Apollonius Pergaeus on Inclinations*, London 1779), die in neuerer Bearbeitung durch den Bonner Mathematiker W. A. DIESTERWEG vorlagen : *Die Bücher des Apollonius von Perga De inclinationibus*, wiederhergestellt von Sam. HORSLEY, nach dem Lateinischen frey bearbeitet... (Berlin 1823) ; *Die Bücher des Apollonius von Perge De sectione rationis*, nach dem Lateinischen des Edm. HALLEY frey bearbeitet und mit einem Anhange versehen... (Berlin 1824). — Die Apollonios-Ausgabe von J. L. HEIBERG (2 Bde., Leipzig 1891-1893) beschränkt sich auf die griechisch erhaltenen Bücher der *Konika*, ergänzt durch (meist griechische) Fragmente. Daneben liegt vor : *Das fünfte Buch der Conica* des Apollonius von Perge in der arabischen Übersetzung des Thabit ibn Corrah hrsg., ins Deutsche übertragen und mit einer Einleitung versehen von L. M. Ludwig NIX (Dissertation Leipzig 1889).

[136] Hier erst durch E. J. DIJKSTERHUIS (ed.), *De Elementen van Euclides*, 2 Bde. (Groningen 1929-1930).

[137] Siehe Anm. 135.

[138] H. BALSAM (Hrsg.), Des Apollonius von Perge *sieben Bücher über Kegelschnitte* nebst dem durch Halley wieder hergestellten achten Buche (Berlin 1863).

[139] E. NIZZE (Hrsg.), Archimedes von Syrakus *vorhandene Werke*, aus dem Griechischen übersetzt und mit erläuternden und kritischen Anmerkungen begleitet

(Stralsund 1824) ; die französische Übersetzung von E. PEYRARD (*Œuvres d'Archimède*, traduites littéralement, avec un commentaire, suivies d'un mémoire du traducteur, sur un nouveau miroir ardent, et d'un autre mémoire de M. Delambre, sur l'arithmétique des Grecs, Paris ²1808) strebt dagegen ausdrücklich eine 'wörtliche' Übersetzung an.

[140] T. L. HEATH (a) : *Diophantus of Alexandria. A study in the history of Greek algebra* (London usw. 1885 ; ²1910 ; Nachdruck New York 1964) ; (b) : Apollonius of Perga, *Treatise on conic sections* [English] edited in modern notation (London usw. 1896) ; (c) : *The Works of Archimedes*, [English] edited in modern notation with introductory chapters (London usw. 1897 ; ... with a supplement, The *Method of Archimedes* recently discovered by Heiberg, 1912 ; Neudruck New York o.J.).

[141] T. L. HEATH, *A History of Greek mathematics*, 2 Bde. (Oxford 1921), hier II 360 f.

[142] Die wichtigsten : Apollonios von Perge (J. L. HEIBERG, 1891-1893, 2 Bde.), Archimedes (mit Kommentaren des Eutokios, J. L. HEIBERG, 1880-1881 ; ²1910-1915, 3 Bde.), Autolykos (Fr. HULTSCH, 1885), Boethius (G. FRIEDLEIN, 1867), Chalcidius (J. WROBEL, 1876), Diophantos (mit Kommentaren, P. TANNERY, 1893-1895, 2 Bde.), Euklid (J. L. HEIBERG und H. MENGE, 1883-1916, 8 Bde.), Firmicus Maternus (W. KROLL und F. SKUTSCH, 1897-1913, 2 Bde.), Geminos (K. MANITIUS, 1898), Heron von Alexandria (J. L. HEIBERG, L. NIX, W. SCHMIDT, H. SCHÖNE, 1899-1914, 5 Bde., einschliesslich der neu entdeckten, nur arabisch überlieferten *Mechanika*), Iamblichos (N. FESTA, 1891 ; H. PISTELLI, 1894), Nikomachos (R. HOCHE, 1866), Proklos (*Euklid-Kommentar*, G. FRIEDLEIN, 1873 ; *Timaios-Kommentar*, E. DIEHL, 1903-1906, 3 Bde. ; *Institutio physica*, A. RITZENFELD, 1912 ; *Hypotyposis astronomicarum positionum*, K. MANITIUS, 1909), Ptolemaios (J. L. HEIBERG, 1898-1907, 2 Bde. in 3 — als einzige später fortgeführt : III, 1 (1940), III, 2 (1961)), Theon von Smyrna (E. HILLER, 1878).

[143] E. ZELLER, *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung*, 3 Bde. (1845-1852).

[144] T. H. MARTIN (a) : *Histoire des sciences physiques dans l'antiquité*, 2 Bde. (Paris 1849) ; (b) : Theonis Smyrnaei platonici *Liber de astronomia cum Sereni fragmento*... Accedunt... Georgii Pachymeris *e libro astronomica delecta fragmenta*... *Chalcidici locus ex Adrasto vel Theone expressus* [griechisch-lateinisch] (Paris 1849) (hier der erste Nachweis der starken Abhängigkeit des Chalcidius-Kommentars von Theon-Adrastos) ; zu seinen *Etudes sur le Timée de Platon* (Paris 1841) urteilte A. E. TAYLOR (siehe *op. cit.* Anm. 158, S. 38) : « Far the most learned edition... is that of T. H. Martin with French translation and elaborate notes and essays... Its only serious fault is that it was produced before the rise of that more critical study of the history of Greek science which begins with, but must not stop at, Zeller's monumental *Philosophie der Griechen* » (siehe Anm. 143).

[145] J. L. HEIBERG, *Litterargeschichtliche Studien über Euklid* (Leipzig 1882), hier S. III.

[146] J. L. HEIBERG/H. G. ZEUTHEN, « Eine neue Schrift des Archimedes », in *Bibliotheca mathematica*, 3. Folge, 7 (1906/07), 321-363 ; erste Edition von Heiberg in *Hermes* 42 (1907), 235-303, dann in der insbesondere wegen dieses Hand-

schriftenfundes erforderlich gewordenen zweiten Auflage der Teubner-Ausgabe (siehe Anm. 142).

146 a O. NEUGEBAUER (a) : « On some astronomical papyri and related problems of ancient geography », in *Transactions of the American Philosophical Society*, N.S. 32 (1942), 251-263 ; (b) : « Astronomical papyri and ostraca. Bibliographical notes », in *Proceedings of the American Philosophical Society* 106 (1962), 383-391, und 108 (1964), 57-72 (gemeinsam mit H. B. van HOESEN) ; O. NEUGEBAUER/ H. B. van HOESEN (edd.), *Greek horoscopes*, Memoires of the American Philosophical Society, 48 (Philadelphia 1959) ; Jutta KOLLESCH, « Papyri mit medizinischen, naturwissenschaftlichen und mathematischen Texten », in *Archiv für Papyrusforschung* 26 (1978), 141-148 (im Rahmen der Referate von Fritz UEBEL, « Literarische Texte unter Ausschluss der christlichen », zuletzt *ibid.* 24/25 (1976), 191-251, Zusammenstellung *ibid.* 21 (1971), 170-182). — K. PREISENDANZ (Hrsg.), *Papyri Graecae Magicae — Die griechischen Zauberpapyri*, 2 Bände (Leipzig 1928-1931). — R. A. PACK, *The Greek and Latin literary texts from Greco-Roman Egypt* (Ann Arbor ^{2}1965) (Concordance : *Bulletin of the American Society of Papyrologists* 3 (1966), 95-118). — Vgl. weiterhin zu griechischen und demotischen astronomischen Tafeln O. NEUGEBAUER (wie Anm. 161 c), bes. 567 f. ; 787 f. und 1056 ff.

147 Gesamtindex in Band 20. An diese Zeitschrift knüpft das von G. LORIA herausgegebene *Bolletino di bibliografia e storia delle scienze matematiche* (Torino/ Palermo, Serie I, 1-19 (1898-1917), Serie II, 1-3 (1918-1921)) an, abgelöst durch das zunächst von A. MIELI privat, dann vom Istituto Nazionale di storia della scienza herausgegebene *Archivio di storia della scienza* (Bd. 1 ff. (Roma 1919 ff.)), das ab 1927 bis 1943 den Titel *Archeion* trug und von der Union Internationale d'Histoire des Sciences herausgegeben wurde (1947 neu aufgenommen als *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, die später von der Académie Internationale d'Histoire des Sciences übernommen wurden).

148 M. CANTOR (a) : *Mathematische Beiträge zum Kulturleben der Völker* (Halle 1863) ; (b) : *Die römischen Agrimensoren und ihre Stellung in der Geschichte der Feldmesskunst* (Leipzig 1875) ; (c) : *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, 4 Bde. (Leipzig 1880-1908 ; Bd. 1, 1880 ; ^{3}1907 ; Neudruck 1922 und Stuttgart 1965) — Hierzu vgl. die kritischen Äusserungen von H. G. ZEUTHEN, « M. Maurice Cantor et la géométrie supérieure de l'antiquité », in *Bulletin des sciences mathématiques et astronomiques* 29 (N.S. 18) (1894), 163-169 ; zahlreiche Ergänzungen und Berichtigungen sammelte G. ENNESTRÖM in der von ihm herausgegebenen Zeitschrift *Bibliotheca Mathematica* (Serie I, 1-3 (1884-1886) als Supplement der Zeitschrift *Acta Mathematica* ; Serie II, 1-13 (Stockholm-Berlin-Paris 1887-1899) selbständig mit dem Untertitel *Zeitschrift für Geschichte der Mathematik* ; Serie III, 1-14 (Leipzig 1900-1914) mit dem Untertitel *Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften*), die in den verschiedenen Auflagen leider kaum berücksichtigt worden sind.

149 Eine ähnlich fachorientierte Professur gab es auch später nur selten, wie etwa für Kurt Vogel (geb. 1888) an der Universität München, der als Gymnasialprofessor zur Wissenschaftsgeschichte der Antike kam und sich 1936 mit der

Arbeit *Beiträge zur griechischen Logistik* (Sb. der Bayer. Akademie der Wissenschaften, Mathem.-Naturwiss. Abteilung 1936, 357-472) für Mathematik habilitierte.

[150] P. TANNERY (a) : *Pour l'histoire de la science hellène* (Paris 1887) ; (b) : *La géométrie grecque. Comment son histoire nous est parvenue et ce que nous en savons* (Paris 1887) ; (c) : *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne* (Paris 1893) ; seine zahlreichen, verstreut erschienenen Abhandlungen, überwiegend zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften der Antike, sind gesammelt in (d) : *Mémoires Scientifiques*, 17 Bde. (Toulouse/Paris 1921-1950). — Neben der Teubner-Ausgabe des Diophantos (siehe Anm. 142) hat er mit Ch. HENRY die *Œuvres de Fermat* und mit Ch. ADAM die *Œuvres de Descartes* herausgegeben. — Siehe H. W. PAUL ,« Scholarship and ideology. The chair of the General History of Science at the Collège de France, 1892-1913 », in *Isis* 67 (1976), 376-397.

[151] S. GÜNTHER (a) : *Vermischte Untersuchungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften* (Leipzig 1876) ; (b) : *Antike Näherungsmethoden im Lichte der modernen Mathematik*, Abh. der Kgl. Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, Mathem.-naturwiss. Klasse (6) 9/4 (Prag 1878) ; (c) : *Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie*, 6 Teile (Halle 1877-1879) ; (d) : *Geschichte der Mathematik*, I : *Von den ältesten Zeiten bis Cartesius* (Leipzig 1908) ; siehe auch Anm. 152.

[152] Iwan MÜLLERS *Handbuch der Klassischen Altertums-Wissenschaft in systematischer Darstellung*, 5. Bd., 1. Abt. : *Geschichte der antiken Naturwissenschaft und Philosophie*, bearbeitet von S. GÜNTHER und W. WINDELBAND (Nördlingen 1888), A : « Mathematik, Naturwissenschaft (incl. Medizin) und wissenschaftliche Erdkunde », bearbeitet von S. GÜNTHER (S. 1-114, in zweiter Auflage 1894 als « Abriss der Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften im Altertum » im Anhang zu W. WINDELBANDS *Geschichte der alten Philosophie* erschienen). — In der von Walter OTTO herausgegebenen Neubearbeitung des *Handbuchs der Altertumswissenschaft* verfasste den entsprechenden Abschnitt (5. Bd., 1. Abt., 2. Hälfte) J. L. HEIBERG : *Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften im Altertum* (München 1925 ; Neudruck 1960) ; innerhalb A. GERCKE/E. NORDEN, *Einleitung in die Altertumswissenschaft* bearbeitete in der dritten Auflage Albert REHM unter Mitarbeit von K. VOGEL und H. BALSS den nicht nur auf diese beschränkten Abschnitt « Exakte Wissenschaften » (Leipzig 1933). Abgesehen vom ersten Beitrag S. GÜNTHERS erhält die Wissenschaftsgeschichte durch die jeweils knappe Diktion, die kaum auf den Inhalt des antiken Schrifttums eingeht, innerhalb dieser Handbücher allerdings nicht das gebührende Gewicht. Sehr viel ausgewogener ist C. DAREMBERG/E. SAGLIO (edd.), *Dictionnaire des Antiquités Grecques et Romaines*, 5 Bde. in 9 (Paris 1873-1918), sowie die von G. WISSOWA neu herausgegebene Paulysche *Realencyclopädie der Klassischen Altertumswissenschaft* (ab 1893 erschienen).

[153] G. LORIA (a) : *Le scienze esatte nell'antica Grecia*, [5 Teile in den *Memorie* der Akademie von Modena 10/1893-12/1895] (Milano ^{2}1914) ; (b) : *Specielle, algebraische und transcendente ebene Curven. Theorie und Geschichte* (nach dem ital. Ms. bearbeitet von E. SCHÜTTE) (Leipzig 1902) ; siehe auch Anm. 147.

[154] Neben den oben und in Anm. 147 und 148 genannten wissenschaftshistorischen und den philologischen Zeitschriften, die sich während dieser Zeit solchen

Arbeiten stark geöffnet hatten, sind noch zu nennen : *Archiv für Geschichte der Philosophie* (Bd. 1-41 (Berlin 1888-1923), Bd. 42 ff. (Berlin 1950 ff.)) ; *Janus* (seit 1896 mit kriegsbedingten Unterbrechungen) ; *Archiv für Geschichte der* ([ab 10/ 1927 :] *Mathematik*,) *Naturwissenschaften und der Technik* (1-9 (Leipzig 1910-1920) ; 10-13 (Leipzig 1927-1931)) ; *Archiv für Geschichte der Medizin* (Bd. 1 ff. (Leipzig 1907 ff.) ; ab 1925 : *Sudhoffs Archiv für Geschichte der Medizin*, aber erst ab 1934 :... *und Naturwissenschaften*) ; *Isis. Revue consacrée à l'histoire de la science* (1-2 (Wondelgen-lez-Grand 1913-1914) ; ab Bd. 3 : *Isis. International revue devoted to the history of science and civilization* (Brüssel 1920 ff.), ab Bd. 33 (1941) : Cambridge/Mass., bzw. Berkeley, bzw. New York) ; *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik* (Abt. A : *Quellen*, 4 Bde. (Berlin usw. 1930-1937) ; Abt. B : *Studien*, 4 Bde. (Berlin usw. 1929-1938)). — Bis auf das Jahrbuch der Schwedischen Gesellschaft für Geschichte der Wissenschaften *Lychnos* (Bd. 1 ff. (Stockholm 1936 ff.)) sind alle übrigen nationalen und internationalen wissenschaftshistorischen Zeitschriften erst seit den 1940iger Jahren entstanden.

[155] Das in Deutschland kurzzeitig wieder erwachte Interesse an den griechischen Poliorketikern (siehe Anm. 115) versteht sich psychologisch aus dem Schock des verlorenen Krieges, der in den Augen der Nationalisten eigentlich nicht hätte verloren werden dürfen.

[156] Siehe oben Anm. 46 ; vgl. auch schon H. COHEN, *Platons Ideenlehre und die Mathematik* (Marburg 1878).

[157] Vgl. E. HOFFMANN, « Der gegenwärtige Stand der Platonforschung », Anhang (S. 1051-1105) zu *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwicklung*, dargestellt von E. ZELLER, 2. Teil, 1. Abt. : *Sokrates und die Sokratiker — Plato und die alte Akademie*, 5. Aufl. mit einem Anhang von E. HOFFMANN (Leipzig 1922).

[158] Der Neuansatz bezüglich Platons 'Naturwissenschaft' etwa bei L. ROBIN, *Etudes sur la signification et la place de la physique dans la philosophie de Platon* [Revue philosophique 76 (1918), 177-220] (Paris 1919) ; und C. RITTER, *Platons Stellung zu den Aufgaben der Naturwissenschaft*, Sb. der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Phil.-histor. Klasse 1919/19 (Heidelberg 1919). — Platon und 'platonische Wissenschaft' waren Schwerpunkte in den *Quellen und Studien*... (Reihe B ; siehe Anm. 154). Auch die ersten als solche anzusprechenden Kommentare zum platonischen *Timaios* (nach T. H. MARTIN, 1841, siehe Anm. 59 a) entstanden damals : A. E. TAYLOR, *A commentary on Plato's Timaeus* (Oxford 1928 ; 1962 u.ö.) — siehe bes. S. 37-39 — ; F. M. CORNFORD, *Plato's cosmology. The Timaeus of Plato translated with a running commentary* (London 1937 ; 1948 u.ö.). Siehe weiterhin bes. L. ROBIN, *La théorie platonicienne des Idées et des Nombres d'après Aristote* (Paris 1908) ; Eva SACHS, *Die fünf platonischen Körper*, Philologische Untersuchungen, Heft 24 (Berlin 1917) ; J. STENZEL (a) : *Studien zur Entwicklung der platonischen Dialektik von Sokrates zu Aristoteles* (Leipzig 1917 ; ^{2}1931 ; Neudruck Darmstadt 1961), (b) : *Zahl und Gestalt bei Platon und Aristoteles* (Leipzig 1924 ; ^{2}1933 ; Darmstadt ^{3}1959) ; E. FRANK, *Plato und die sogenannten Pythagoreer. Ein Kapitel aus der Geschichte des griechischen Geistes* (Halle/Saale 1923 ; Neudruck Darmstadt 1962). — Siehe dann die Literaturberichte zur Mathematik bei Platon von H. CHERNISS (*Lustrum* 5

(1960), 388 ff.) und C. THAER (*Lustrum* 6 (1961), 38-113, bes. 71-78) sowie R. S. BRUMBAUGH, *Plato's mathematical imagination. The mathematical passages in the dialogues and their interpretation* (Bloomington 1954) ; A. FRAJESE, *Platone e la matematica nel mondo antico* (Roma 1963) ; K. GAISER, *Platons ungeschriebene Lehre. Studien zur systematischen und geschichtlichen Begründung der Wissenschaften in der Platonischen Schule* (Stuttgart 1963) (hierzu F. KRAFFT, in *Sudhoffs Archiv* 48 (1964), 188-190).

[159] J. EPPING/J. N. STRASSMAIER, « Zur Entzifferung der astronomischen Tafeln der Chaldäer », in *Stimmen aus Maria Laach* 21 (1881), 277-292 ; J. EPPING, *Astronomisches aus Babylon*, Stimmen aus Maria Laach, Ergänzungsheft 44 (Freiburg i.Br. 1889) ; F. X. KUGLER (a) : *Die Babylonische Mondrechnung* (Freiburg i.Br. 1900) ; (b) : *Sternkunde und Sterndienst in Babel. Assyrologische, astronomische und astralmythologische Untersuchungen*, 2 Bde. (Münster 1909-1924 ; Ergänzungshefte 1 (1913), 2 (1914); 3 (1935) von J. SCHAUMBERGER); V. HILBRECHT, *Mathematical, metrological, and chronological tables from the Temple library at Nippur* (Philadelphia 1906) ; O. NEUGEBAUER (a) : *Mathematische Keilschrifttexte*, 3 Bde., Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Reihe A/3 (Berlin 1935-1937) ; (b) : *Astronomical cuneiform texts*, 3 Bde. (London 1955) ; F. THUREAU-DANGIN, *Textes mathématiques babyloniens* (Leiden 1938) ; O. NEUGEBAUER/A. J. SACHS, *Mathematical cuneiform texts*, American Oriental Series, 29 (New Haven 1945) ; T. G. PINCHES/J. N. STRASSMAIER/A. J. SACHS, *Late Babylonian astronomical and related texts* (Providence 1955).

[160] Abschliessend für die astronomischen Quellen : O. NEUGEBAUER/R. A. PARKER, *Egyptian astronomical texts*, 3 Bde. (Providence 1960-1969). — L. BORCHARDT, *Altägyptische Zeitmessung* (*Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren*, hrsg. von E. v. BASSERMANN-JORDAN, Bd. 1, Lfg. B, Berlin 1920). — A. EISENLOHR (Hrsg.), *Ein Mathematisches Handbuch der Alten Ägypter* (Papyrus Rhind des British Museum), übersetzt und erläutert (Leipzig 1877) ; T. E. PEET, *The Rhind mathematical papyrus, British Museum 10057 and 10058* (London 1923) ; A. B. CHACE/L. BULL/H. P. MANNING, R. C. ARCHIBALD, *The Rhind mathematical papyrus*, 2 Bde. (Oberlin, Ohio, 1927-1929) ; W. W. STRUVE, *Mathematischer Papyrus des Staatlichen Museums der schönen Künste in Moskau*, Quellen und Studien..., Reihe A/1 (Berlin 1930).

[161] Dieses war ein weiterer Schwerpunkt der Serien der *Quellen und Studien...* (siehe Anm. 154) ; siehe auch zuvor R. C. ARCHIBALD, *Bibliography of Egyptian and Babylonian mathematics*, 2 Bde. (Oberlin, Ohio, 1927-1929). — Neben J. EPPING und F. X. KUGLER (jeweils wie Anm. 159) vgl. insbesondere O. GILLAIN, *La science égyptienne. L'arithmétique au Moyen Empire* (Paris/Brüssel 1927) ; O. NEUGEBAUER (a) : *Vorlesungen über Geschichte der antiken mathematischen Wissenschaften*, I : *Vorgriechische Mathematik* (Berlin 1934 ; ^{2}1969) ; (b) : *The exact sciences in antiquity* (Princeton 1952 ; Providence ^{2}1957 ; New York 1962 ; 1969) ; B. L. van der WAERDEN (a) : [*Ontwakende Wetenschap*, 1950 ; deutsch mit Zusätzen des Verfassers :] *Erwachende Wissenschaft. Ägyptische, babylonische und griechische Mathematik* (Basel/Stuttgart 1956 ; ^{2}1966 ; englisch : Groningen 1954) ; (b) : *Die Anfänge der Astronomie — Erwachende Wissenschaft* II (Groningen 1965 ; Basel ^{2}1968 ; englisch : completely revised text : New York/Oxford 1974) ; K. VOGEL, *Vorgriechische Mathematik*, Mathematische Studienhefte, 1-2, 2 Bde. (Hannover/Paderborn 1958-1959) ; R. J. GILLINGS, *Mathematics in the time of the Pharaohs* (Cambridge, Mass./

London 1972 ; [2]1975) ; O. NEUGEBAUER (c) : *A history of ancient mathematical astronomy*, 3 Bde. (durchpaginiert) (Berlin 1975).

[162] Vgl. insbesondere den Papyrus Michigan 146/621, der ägyptische Rechentechniken (Tafeln) auch für die Praxis der Griechen belegt : *Michigan Papyri*, Vol. III : *Papyri in the University of Michigan collection. Miscellaneous papyri*, edited by J. G. WINTER (Ann Arbor 1936) ; Teilpublikation durch L. C. KARPINSKI, in *Isis* 5 (1923), 20-25. — Dieses ist einer der Gründe für E. M. BRUINS gewesen, eine Faksimile-Ausgabe des einzigen Überlieferungsträgers der *Metrika* Herons (und einiger anderer kleinerer Schriften und Auszüge) mit Umschrift und Kommentar zu veranstalten : *Codex Constantinopolitanus Palatii veteris No. 1*, edited by E. M. BRUINS, Janus, Suppl. Bd. 2 (Leiden 1964), 3 Bde. (I : *Reproduction of the manuscript* ; II : *Greek text* ; III : *Translation and commentary* ; Teil II ist allerdings nicht ohne das Faksimile zu benutzen, da Setzer und Korrektor den Intentionen des Editors nicht gewachsen waren — so dass das Ziel, die Teubner-Ausgaben der hierin enthaltenen Schriften zu ersetzen, nicht erreicht wurde). Ein weiterer Grund war das neue Interesse am Mittelalter und der Nachwirkung der antiken wissenschaftlichen Schriften, die in den auf die Rekonstruktion der griechischen Originale ausgerichteten philologischen Ausgaben undurchsichtig bleibt, da es sich oft (wie hier) um Sammelhandschriften mit Auszügen verschiedenster Herkunft handelt.

[163] Hier half der Ausbruch des Ersten Weltkrieges entscheidend mit. Vgl. die Kritik bei O. NEUGEBAUER, *The exact sciences*... (wie Anm. 161 b), 138 f. nach F. X. Kugler (« Im Banne Babylons »).

[164] W. HEISENBERG, *Das Naturbild der heutigen Physik*, Rowohlts Deutsche Enzyklopädie, Bd. 8 (Reinbek bei Hamburg 1955), Abschnitt I : « Das Naturbild der heutigen Physik », S. 10-12. — Vgl. auch Abschnitt II : « Atomphysik und Kausalgesetz », hier S. 32 bezüglich der Elementarteilchen : « ... alle Teilchen bestehen im Grunde aus dem gleichen Stoff, sie sind nur verschiedene stationäre Zustände ein und derselben Materie... ». — Max von Laue benannte diesen 'Stoff' einmal mit Anaximanders Begriff des 'apeiron' als das 'Unbestimmte', 'Noch-nicht-Bestimmte'.

[165] W. HEISENBERG, *op. cit.* (wie Anm. 164), Abschnitt III : « Über das Verhältnis von humanistischer Bildung, Naturwissenschaft und Abendland » (S. 36-46), S. 40-42.

[166] Siehe F. KRAFFT, *Geschichte der Naturwissenschaft*, I : *Die Begründung einer Wissenschaft von der Natur durch die Griechen*, Rombach Hochschul Paperback, Bd. 23 (Freiburg i.Br. 1971), 295-356.

[167] W. HEISENBERG (a) : *Schritte über Grenzen. Gesammelte Reden und Aufsätze* (München 1971), 23 (« Die Plancksche Entdeckung und die philosophischen Grundlagen der Atomlehre » [1958]). Vgl. insbesondere auch seine Autobiographie (b) : *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik* (München 1969), 1. « Erste Begegnung mit der Atomlehre, 1919-1920 », 11-28 ; hierzu C. F. von WEIZSÄCKER, « Notizen über die philosophische Bedeutung der Heisenbergschen Physik », in *Quanten und Felder. Physikalische und philosophische Betrachtungen zum 70. Geburtstag von Werner Heisenberg* (Braunschweig 1971), insbes. 12 ;

A. HERMANN, *Die Jahrhundertwissenschaft. Werner Heisenberg und die Physik seiner Zeit* (Stuttgart 1977), bes. 222 ff. (Die « Einheitliche Theorie der Materie »).

[168] Vgl. etwa C. F. von WEIZSÄCKER, *Platonische Wissenschaft im Laufe der Geschichte* (Göttingen 1971). Das 'pythagoreische' Element betont etwa Victor F. WEISSKOPF, *Physics in the twentieth century. Selected essays* (Cambridge, Mass./London 1972), bes. Part I : « Fundamental questions » (1 [1959] ; 3 [1967]).

[169] Noch in der bereits klassischen Monographie von I. DÜRING (*Aristoteles. Darstellung und Interpretation seines Denkens*, Heidelberg 1966), der sich gerade auch schwerpunktmässig mit den naturwissenschaftlichen Schriften des Aristoteles beschäftigt hatte, wird die Schrift nicht einmal erwähnt. Vgl. zur bisherigen Einschätzung F. KRAFFT, *Dynamische und statische Betrachtungsweise in der antiken Mechanik*, Boethius, Bd. 10 (Wiesbaden 1970), bes. 13-20. — Das negative Urteil über die Schrift war mit bestimmt durch J. E. MONTUCLA (wie zu Anm. 127, nouvelle édition, tome I (1799), 187), der allerdings Aristoteles noch generell abschätzig beurteilte.

[170] F. T. POSELGER (1831), M. CANTOR (1880), C. M. RÜHLMANN (1881), A. HELLER (wie Anm. 50, Bd. I, 62-67), P. DUHEM (*Les origines de la statique* I (Paris 1905), 5-9).

[171] Zur Frage der Echtheit der Schrift oder zumindest wesentlicher Teile siehe F. KRAFFT (wie Anm. 18 a und Anm. 169).

[172] A. G. M. van MELSEN, *Van atomos naar atoom. De geschiedenis van het begrip atoom* (Amsterdam 1949); deutsch : *Atom gestern und heute. Die Geschichte des Atombegriffs von der Antike bis zur Gegenwart*, Orbis academicus, Bd. II/10 (Freiburg i.Br./München 1957), 283.

[173] Eine solche Trennung erfolgte allerdings erst im 19. Jahrhundert und ist deshalb für die Antike anachronistisch, soweit sie nicht die Trennung zwischen Naturwissenschaft/Naturphilosophie und 'mathematische Wissenschaften' (in der Zeit nach Aristoteles) legt, was hier jedoch nicht gemeint ist.

[174] Andererseits hat van Melsen jedoch gerade auch auf die Wichtigkeit der Tradition der aristotelischen Vorstellung der *minima naturalia* (die häufig als *atoma* bezeichnet wurden) für das Entstehen des neuzeitlichen Atombegriffs im 17. Jahrhundert hingewiesen, die das qualitätslose Atom Demokrits erst umformen musste, bevor die Chemie etwas damit anzufangen wusste.

[175] J. H. RANDALL, *Aristotle* (New York 1960), bes. der Abschnitt : « The significance of Aristotle's natural philosophy », S. 165-172, deutsch bei G. A. SEECK (wie Anm. 78), S. 235-242 ; hier 236 f.

[176] Was natürlich auch später noch nachwirkte ; Randall selber verweist auf D. J. ALLAN, *The philosophy of Aristotle* (Oxford 1952). Noch ganz dem Denken des 19. Jahrhunderts verhaftet ist auch Arthur MARCH (*Das neue Denken der modernen Physik* (Hamburg 1957) ; dazu siehe G. A. SEECK [wie Anm. 78], S. XII f.). B. HELLER (*Grundbegriffe der Physik im Wandel der Zeit*, Braunschweig 1970) macht in seinem die Antike breit berücksichtigenden und sonst sehr ausgewogenen Abriss der Antike noch zum Vorwurf, was das 19. Jahrhundert als das einzig Wertvolle herausgefiltert hatte, das statische Denken.

[177] So ist es sicherlich nicht ernst gemeint, sondern vielmehr gegen die insbesondere im 18. und 19. Jahrhundert verbreitete Meinung gesetzt, dass Platon und Aristoteles die fruchtbaren Ansätze der Vorsokratik und besonders Demokrits verdrängt und damit den 'Fortschritt' der Wissenschaften über zwei Jahrtausende verhindert hätten. So noch A. MARCH (wie Anm. 176), S. 18 : « Es besteht für Naturwissenschaftler kein Grund, in die Verehrung einzustimmen, die Aristoteles sonst geniesst. Er hat durch seine Ablehnung des Atomismus, dessen Ausbau sicher bereits im Altertum zu bedeutenden Ergebnissen geführt hätte, den Fortschritt der Wissenschaft auf zwei Jahrtausende aufgehalten. Und, was vielleicht noch schlimmer ist : er hat als Urheber einer Geistesrichtung, die alle Grundsätze des physikalischen Denkens verkannte und die er mit dem ganzen Gewicht seiner ungeheuren Autorität vertrat, auf die spätere Entwicklung nicht bloss der Physik, sondern auch der übrigen Naturwissenschaften [wenigstens bezüglich der Biologie hatte das 19. Jahrhundert hier aber anders gedacht] den verderblichsten Einfluss genommen. » — In beiden Fällen wird ausser acht gelassen, dass jeweils fundamentale methodische und empirische Erkenntnisse erbracht werden mussten, bevor die ältere Denkweise in ihren Schwächen überwunden und damit wieder fruchtbar gemacht werden konnte.

[178] Vgl. z.B. K. RIEZLER, *Physics and reality. Lectures of Aristotle on modern physics* (New Haven 1940) ; mehrere neuere Aristoteles-Arbeiten sind zusammengestellt bei G. A. SEECK (Hrsg.), *Die Naturphilosophie des Aristoteles*, Wege der Forschung, Bd. 225 (Darmstadt 1975), sowie J. BARNES/M. SCHOFIELD/R. SORABJI (Hrsgg.), *Articles on Aristotle*, 1. *Science* (London 1975) — jeweils mit spezieller Auswahlbibliographie. Besonders hervorzuheben ist auch W. WIELAND, *Die aristotelische Physik. Untersuchungen über die Grundlegung der Naturwissenschaft und die sprachlichen Bedingungen der Prinzipienforschung bei Aristoteles* (Göttingen 1962 ; ²1972) (trotz der prinzipiell berechtigten Kritik durch H. WAGNER (Hrsg.), Aristoteles, *Physikvorlesung* [Aristoteles, *Werke in deutscher Übersetzung*, Bd. 11] (Berlin/Darmstadt 1967), 337 ff. — Wagner umgeht allerdings den ganzen Fragenkomplex.). — Erwin SCHRÖDINGERS Sherman Lectures (deutsch : *Die Natur und die Griechen. Kosmos und Physik*, Wien o.J., dann Reinbek bei Hamburg 1956 : Rowohlts Deutsche Enzyklopädie, Bd. 28) enden bereits mit Demokrit, fügen aber Reflexionen zur Abkehr vom 'Demokritismus' hinzu.

[179] Ernst MACH, der in seinem Werk *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* (Leipzig 1883 ; ⁷1912 ; ⁸1921, besorgt von J. PETZOLDT ; ⁹1933, hrsg. von L. MACH) nach intuitiven Vorstufen aus der Antike nur Archimedes für aufnahmewürdig hielt, meinte noch, sogar ihm bei der Ableitung des Hebelgesetzes einen Zirkelschluss nachgewiesen zu haben. Trotz gelegentlicher Kritik wurde daran noch bis zur letzten Auflage festgehalten (⁹1933, S. 15 : « Die ganze Ableitung enthält den zu beweisenden Satz, wenn auch nicht ausdrücklich ausgesprochen und in anderer Form, schon als Voraussetzung »). Siehe dagegen insbes. W. STEIN, *Der Begriff des Schwerpunktes bei Archimedes*, Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abt. B, 1 (1931), 221-244 ; H. GERICKE, « Über das Hebelgesetz des Archimedes », in *Mathematisch-physikalische Semesterberichte* 8 (1962), 215-222 ; A. G. DRACHMANN, « Fragments from Archimedes in Heron's mechanics », in *Centaurus* 8 (1963), 91-146 ; F. KRAFFT

(wie Anm. 169), S. 97 ff. — Vgl. insgesamt den Forschungsbericht von I. SCHNEIDER, *Archimedes*, Erträge der Forschung, Bd. 102 (Darmstadt 1979). — Der Machschen Kritik schloss sich auch der Physiker Arthur Erich HAAS, der auch andere Probleme griechischer Naturwissenschaft behandelte, an: *Die Grundgleichungen der Mechanik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung. Vorlesungen zur Einführung in die theoretische Physik*, gehalten im Sommersemester 1914 an der Universität Leipzig (Leipzig 1914), 2-5. E. MACHS Urteil über die griechische Naturwissenschaft war im übrigen wenigstens in der « Einleitung » in den späteren Auflagen (noch nicht ^{3}1897) versöhnlicher (^{9}1933, S. 3) : « Je mehr wir übrigens durch neuere Forschungen über die antike naturwissenschaftliche Literatur erfahren, desto günstiger wird unser Urteil... Die noch vor kurzem verbreitete Meinung, dass die Griechen insbesondere das Experiment ganz vernachlässigt hätten, kann heute nicht mehr im frühern Umfang aufrechterhalten werden... ». Es führt dann eine Reihe von Experimenten auf nach J. MÜLLER, *Über das Experiment in den physikalischen Studien der Griechen* (Naturwissenschaftlicher Verein zu Innsbruck 23 (1896/97), mir nicht zugänglich).

[180] F. HUND, *Geschichte der physikalischen Begriffe* (Mannheim 1972); 2. Aufl., 2 Bde. (1978), I 29-33. Vgl. schon E. J. DIJKSTERHUIS, *Val en worp. Een bijdrage tot de geschiedenis der mechanica van Aristoteles tot Newton* (Groningen 1924) ; sowie auf experimenteller Basis I. Bernard COHEN, *The birth of a new physics* [1960] (London 1961), 22-35 (deutsch : *Geburt einer neuen Physik. Von Kopernikus zu Newton*, Natur und Wissen, Bd. W 8 (München usw. 1960)). — Dabei muss natürlich bedacht werden, dass die mathematische Formelschreibweise, aufgrund der die Gleichwertigkeit mit modernen Theorien, welche die Reibung des Mediums bzw. der Unterlage berücksichtigen, einsichtig wird, für Aristoteles anachronistisch ist (und seinen strengeren philosophischen Beschränkungen widerspräche). Es soll damit ja aber auch nicht mehr aufgewiesen werden, dass Aristoteles bereits die modernen Theorien besessen hätte.