

Aristoteles – ein ehrenwerter »Physikos«

Schon in der Altsteinzeit wurde die Pfeil-und-Bogen-»Maschine« erfunden, die nach Ansicht von Lewis Mumford »ein so einzigartiges, spezifisches Produkt des menschlichen Geistes wie die Wurzel aus minus eins« darstellt. Die schwingende Bogensehne dieses Instruments war es dann auch, die Pythagoras benutzte, um ihr – als Saite aufs Monochord gespannt – die symphonischen Klänge seiner Harmonielehre zu entlocken: Dazu verkürzte er die Saite um die Hälfte, um zwei Drittel und drei Viertel, was den Zahlenverhältnissen der Oktave, der Quinte und der Quarte entsprach. Am Anfang der pythagoreischen Harmonik stand also das Experiment mit einer einfachen Maschine, wenn auch für die theoretische Begründung dieser Wissenschaft schließlich das gesamte Erfahrungsmaterial beiseite geschoben wurde.

Der diesem Pfeil-und-Bogen-Instrument wiederum eng verwandte Bohrenbohrer, der bereits die Erzeugung einer kontinuierlichen Drehbewegung erlaubte, entwickelte sich dann zum Ahnen einer der wichtigsten nichtmenschlichen Maschinen in der antiken Technik – der heute noch unentbehrlichen Drehbank.

Diese Maschine wird bei vielen historischen Betrachtungen in ihrer Bedeutsamkeit gegenüber einer Erfindung unterschätzt, die ins dritte bis vierte Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung zurückgeht, als die Sumerer nach Mesopotamien kamen, gegenüber dem Rad, genauer gesagt: gegenüber dem Räderkarren. Erst das wesentlich später entwickelte *Speichenrad* am Streitwagen, das bereits einer mechanisch sorgfältigen Stell-

macherarbeit bedurfte, spielte die vertraut symbolträchtige Rolle zum Beispiel als Sonnenkreuz, Hakenkreuz, Monatszyklus oder Glücksrad. Die Drehbank war jedoch, wie schon erwähnt, von größter praktischer Bedeutung für die Herstellung aller rotierenden Maschinenteile, von Rädern und Scheiben, Walzen und Achsen. Der Bronzeuß durch Wachsabschmelzen und das Metallstanzen, das zunächst nur beim Prägen von Münzen angewendet wurde, stellten weitere praktisch bedeutsame Techniken des antiken Griechenlands dar.

Auch hier läßt sich wieder ein Bezug zur Musiktheorie der Pythagoreer herstellen: Im fünften vorchristlichen Jahrhundert soll Hippasos aus Metapont Bronzescheiben von unterschiedlicher Dicke -- ein Schlagwerkzeug, das von den Musikern inzwischen »Becken« oder »Cinelli« genannt wird -- erklingen lassen haben. Dabei konnte Hippasos die gemessene Stärke der Bronzescheiben, die in symphonischen Klängen vibrieren, wiederum mit den Zahlenverhältnissen von Oktave, Quinte und Quarte in Verbindung bringen. Während sich bei Pythagoras diese Zahlenwerte in der unterschiedlichen Länge einer Bogensehne »technisch realisierten«, erfolgte diese Manifestation bei seinem jüngeren »Gläubensbruder« durch die verschiedenen dicken Metallröhren.

Der Gebrauch von einfachen technischen Maschinen oder von auf solchen Maschinen gefertigtem Gerät gab also zumindest den Anstoß für die theoretischen Gedankengebäude eines Anaximander, der die Erde als zylindrische Walze oder Säulentrommel betrachtete, eines Eudoxos, der die Sphären des Himmels als Kugelschalen rotieren ließ, oder eines Apollonius, der mit seinen Epizykeln gleichsam kleine Räder auf große Räder setzte und sie zum Ineinanderkreiseln brachte. Beobachtung, Experiment und maschinelle Fertigung bereiteten in jedem Fall ein Erfahrungsmaterial auf, an dem sich dann das logische und abstrakte »Nachdenken« der antiken Grübler Griechenlands entflammen konnte: Dazu zählten die babylonischen Tabellenwerke über die Beobachtungen der sichtbaren Sternbewegungen in gleicher Weise wie die maschinell gedrehten Spindeln und die akkurat gedrehten Zylinderachsen und Kugelhöpfe griechischer Handwerkskunst. Nicht diese Produkte technischer Fertigung traf daher die Verachtung der Geistesarbeiter -- es waren der Arbeitsprozeß und die Menschen, die ihn ausführten.

Doch selbst die astronomische Theorie des strengen »Idealisten« Platon, im Dialog vom Staat »Spindel- und Wirteln-Modell« in reichlich dunklen Andeutungen skizziert, gewinnt auf dem Hintergrund der antiken Technik bisweilen durchaus anschauliche Züge: Da Platon be-

kannlich eine »ideale« Astronomie als rein theoretische Kinematik vor-schwebte, als harmonische Bewegungslehre geometrischer Körper im Raum, können dem Leser konkrete Modellbilder beim Verständnis seiner Ausführungen zumindest als nützliche »Anschauungskrüken« weiterhelfen. Platon, für den die materielle Welt lediglich ein flüchtiges, ungenaues Schattenbild eines gewaltigen Ideenuniversums war, das man »nur durch die Vernunft und das Denken erfassen kann, nicht durch Handlungen eigentlich nur, wenn darauf explizit in *wissenschaftlichen Aussagen* Bezug genommen wurde. So schrieb er beispielsweise über die Geometer:

»Du weißt doch, daß sie sichtbare Figuren heranziehen und daran ihre Argumentation entwickeln, obwohl sie gar nicht an diese denken, sondern an diejenigen, von denen die Figuren nur Abbilder sind. Auf das Quadrat selbst und die Diagonale selbst beziehen sich ihre Überlegungen und nicht auf das, was sie zeichnen. Ähnlich ist es in allen anderen Fällen.«

Platon ärgerte sich daher vor allem über gewisse *Redewendungen* seiner gelehrten Mathematikerkollegen, die sich auf die konkrete Konstruktion solcher Figuren bezogen, die für ihn nur »Abbilder« oder Hilfsbilder waren: »Ihre Art zu reden ist lächerlich, obwohl notwendig«, murrte er, »denn sie drücken sich so aus, als ob sie Praktiker wären und ihre Worte auf praktisches Handeln gerichtet seien. So sprechen sie von »viereckig machen«, von »anlegen« und »hinzufigen« und dergleichen, während ihre ganze Wissenschaft nur Erkenntnis zum Zweck hat -- und zwar Erkenntnis des Seienden und nicht des Werdenen.«

Wie eine geometrische Figur auf dem Papier entsteht, der Vorgang ihrer Konstruktion, ihr schrittweiser Aufbau in der Zeichnung oder im materiellen Modell -- all das hat nach Platons Ansicht mit der »wahren« Geometrie einfach nichts zu tun: »Zweckdienlich ist die Geometrie nur dann, wenn sie dazu zwingt, das Sein zu betrachten, wenn aber das Werden, dann nicht.«

Der Mathematik als einer Vorstufe zur Ideenerkenntnis wurde durch den von pythagoreischem Gedankengut geprägten Platon eine überwältigende Förderung zuteil. Daß eine zwar mehr und mehr mathematisierte, aber eben doch betont »wirklichkeitsgetreu« arbeitende Naturforschung nicht auf ähnliche Weise in der Anerkennung durch diesen großen Philosophen profitieren konnte, liegt eigentlich auf der Hand: »Wer nach oben glotzend oder nach unten blinzeln etwas sinnlich Wahr-

nehmbares zu erfassen sucht, wird nie etwas Richtiges lernen«, meinte Platon sarkastisch. So konnte auch ein »nach oben glotzender« Astronom, der die Bewegungen der sichtbaren Himmelskörper studierte, nach seiner Ansicht niemals die wahren Kreisbewegungen der Sterne entdecken, da die beobachtbaren Bewegungen allenfalls in grober Annäherung mit den idealen Bewegungen geometrischer Körper im Raum übereinstimmten. Noch schlimmer war es deshalb um das Ansehen jener Leute bestellt, die es für erforderlich erachteten, »unfromme« Experimente auszuführen oder gar »niedrige« mechanische Tätigkeiten nach Art der Handwerker zu verrichten: Für solches knechtische Tun hatten Platon und seine gelehrten Schüler nur tiefste aristokratische Verachtung parat. So etwas tat man nicht – ließ es allenfalls tun und redete mit beißendem Spott darüber.

Aber schon der am Monochord zupfende Pythagoras und der Bronzescheiben schlagende Hippasos betrachteten die irdische Musik lediglich als klägliche Nachahmung himmlischer Sphärenklänge: Doch bedurfte es für diese Gelehrten nicht zumindest der Anregung, des Anstoßes durch eine Messung der mit einem irdischen Musikinstrument erzeugten Klänge, um das theoretische Gedankengebäude der im Himmlischen erhaltenen Harmonik »rekonstruieren« zu können? Waren Drehbank und Schraube, die maschinell gedrechselte Spindel und das Uhrwerk wirklich ohne jeden Einfluß auf die theoretischen Überlegungen der griechischen Wissenschaftler?

Fest steht jedenfalls, daß es auch heute noch einem technisch geschulten oder zumindest aufgeschlossenen Gehirn weitaus leichter fällt, den Gedankengängen eines Anaximander oder Eudoxos, eines Apollonius oder Ptolemaios zu folgen als einem arroganten Technikverächter: Wenn wir die Naturforschung heute immer noch mit John Burnett als ein »Nachdenken über die Welt nach der Art der Griechen« ansehen wollen und können, so gehört zu ihrem griechischen Erbe neben der alles überstrahlenden Mathematik jener Zeit auch eine in unseren Augen bisweilen einfache Technik. Hören wir daher zunächst das »Loblied der Drehbank«, das Lewis Mumford im *Mythos der Maschine* angestimmt hat:

»Wenngleich die Drehbank nur sehr allmählich vervollkommen wurde, war sie doch von Anfang an ein ebenso bedeutendes arbeitssparendes Gerät wie das Fahrzeug auf Rädern oder das Segelboot, wegen ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten bestimmt ebenso wichtig. Unmittelbare Produkte der Drehbank waren Hebevorrichtungen, Flaschenzüge, Winden und Ladebäume, die zum Aufladen von Gütern und zum Segel-

hissen gebraucht wurden. Doch auch in der klassischen griechischen Tragödie schien sie eine Rolle zu spielen: Den Gott, der im kritischen Augenblick in menschliche Angelegenheiten eingriff, nannte man den »Gott aus der Maschine«; denn er wurde wirklich mit Hilfe einer Maschine durch die Luft getragen und zu Boden gelassen. Läßt die Tatsache, daß ein griechisches Publikum an dieser Vorrichtung nichts Unpassendes fand, nicht vermuten, daß es die Maschine als übernatürliche Kraft ansah?«

Dieser Gedanke ist bestimmt nicht von der Hand zu weisen; denn schon die Mythen aus der Zeit vor der ionischen Aufklärung waren deutlich auf von Menschen ersonnene Techniken bezogen, das heißt weniger anthropomorph als *technomorph*: Die meisten Schöpfungsmythen, einschließlich des Schöpfungsberichtes der Genesis, schilderten die Erschaffung der Welt ja im Stil eines ingenieurmäßig gestalteten Bewässerungsprojekts. Auch Anaximander, der ionische Physiker, gebrauchte dieses Bild in seiner Schöpfungsgeschichte noch, ohne allerdings die »waltenden« Naturkräfte weiterhin zu personifizieren: Anstelle des göttlichen Bewässerungsingenieurs der Mythen übernahm bei ihm die Sonne die Aufgabe, Erde und Meer auf »natürliche« Weise zu scheiden. Zunächst war nach Anaximanders Theorie die gesamte Erde von Wasser bedeckt. Danach trocknete die Sonne einen Teil des Wassers weg. Soweit die im Prinzip höchst einfache Technologie der Schöpfung mit oder ohne überirdisches »Ingenieurwesen«, erstmals wohl geschildert in den Mythen der sumerischen Räderkarren-Erfinder, die im Deltagebiet des Euphrat trockenes Terrain dem Marschland abringen mußten.

Neben der Drehbank hatte vor allem der *Zirkel*, jenes bekannt einfache und präzise funktionierende Arbeitsgerät des Zeichners, einen starken Einfluß auf die griechische Wissenschaft ausgeübt: Für die Geometrie entwickelten sich Zirkel und Lineal zu fast ritualen Instrumenten. Was in einer endlichen Anzahl von Zirkel- und Lineal-Konstruktionen bewältigt werden konnte, das galt bei den Griechengeometern als konstruktive Lösung.

Als revolutionärste der mechanischen Erfindungen Griechenlands betrachtete Lewis Mumford jedoch die *Wassermühle*: »Das ursprüngliche Modell dieser Erfindung könnte mit Alexanders Armeen aus Indien gekommen sein, wo kleine Wasserräder als buddhistische Gebetsmühlen verwendet wurden. Doch es ist wieder kaum ein Zufall, daß die Wassermühle als praktische Erfindung, nicht als magisches Spielzeug, aus Griechenland stammt, aus jener Kultur, die hartnäckig die demokratische

Technik des archaischen Dorfes bewahrt hatte und sich niemals der totalitären Ideologie des Königrums unterwarf, die von Alexander dem Großen und späteren hellenistischen »Heilskönigen« wiederbelebt wurde.« Mumford zitierte in seinem prächtigen Buch auch die Verse des Dichters Antipater aus Saloniki, der vor rund zwei Jahrtausenden als erster die reine Kraftmaschine einer Wassermühle mit einem überschlachtigen Mühlrad besungen hatte:

»Hört auf zu mahlen, ihr Frauen, die ihr an den Mühlen arbeitet! Schlaft lange, auch wenn das Krähen des Hahnes die Morgendämmerung ankündet!

Denn Demeter hat den Nymphen befohlen, die Arbeit eurer Hände zu tun, und sie drehen, auf das Rad springend, dessen Achse, die mit ihren umlaufenden Speichen die schweren, gehöhlten Mühlsteine rollt.

Wir genießen wieder die Freuden des einfachen Lebens, lernen uns an Demeters Früchten zu ergötzen, ohne zu arbeiten.«

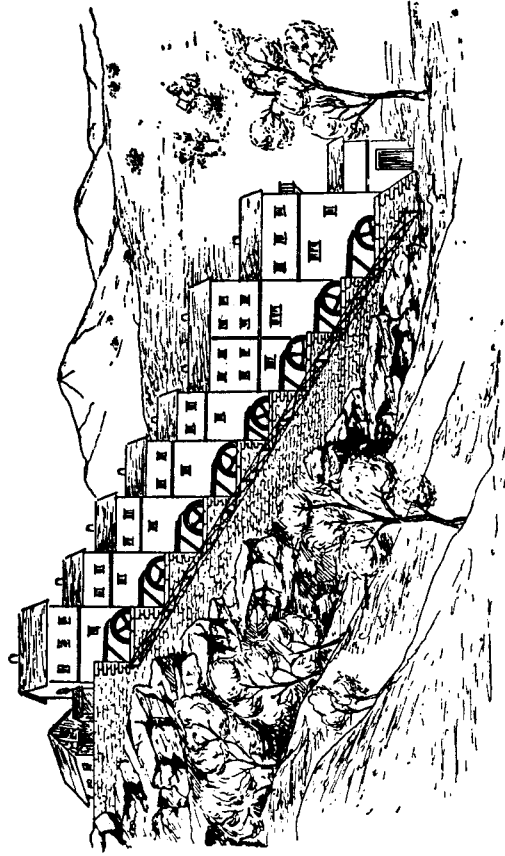


Abbildung 9.1: Diese gigantische Mühle mit 16 Wasserrädern, die 32 Mahlwerke betrieben, hatten römische Baumeister im zweiten und dritten Jahrhundert unserer Zeitrechnung in Barbegal in der Nähe von Arles (Frankreich) errichtet.

Leider führte diese Erfindung für die griechischen Hausfrauen und die noch schlechter gestellten Haussklaven keineswegs zum erträumten Ende der Plackerei beim häuslichen Getreidemahlen: In der harten hauswirtschaftlichen Praxis mußte diese Tätigkeit noch immer mit kleinen Handmühlen recht mühsam verrichtet werden. Eine natürliche Grenze setzte schon die Geographie: Wo rauschte denn schon in den griechischen Gefilden rund ums Mittelmeer das ganze Jahr über ein kräftiger Mühlbach? Die üblichen Bergbächlein flossen im Sommer allenfalls als kümmerliche Rinsale zu Tal, so daß die Anlage eines Mühlwehrs praktisch wirkungslos bleiben mußte. Nur in den regenreicheren Gebieten nördlich der Alpen lohnte sich schließlich im dritten Jahrhundert n. Chr. der Wassermühlenbau durch die Römer: Eine höchst imposante Anlage mit 16 Wasserrädern und 32 Mahlwerken stand in der Nähe von Arles in Frankreich (Abbildung 9.1).

Abgesehen von den natürlichen Problemen war das Interesse der griechischen Wissenschaftler, der Philosophen an der wahrlich beachtenswerten und keinesfalls rückständigen Technik ihrer Zeit letztlich doch nur von einem mittelbaren »akademischen« und damit gleichsam von »symbolischem« Interesse: Liefen irgendwo ein paar »Versuchsmühlen«, anhand derer das technische Prinzip demonstriert werden konnte, waren einige Drehbänke in Betrieb, wurden hier und dort Schraubenpressen zur Weingewinnung verwendet, so genügte das diesen Gelehrten bereits, um ihre Theorien über die Kreisläufe des Naturgeschehens in technisch korrekten Redewendungen zu erläutern. Sie »würdigten« damit zwar die Arbeit der Handwerker in ihren theoretisierenden Ansichten über das Wirken der Naturkräfte, verachteten jedoch die Tätigkeit dieser Leute als freier Bürger unwürdig. Es kam diesen Geistesarbeitern daher kaum in den Sinn, ernsthafte Gedanken damit zu verschwenden, wie man die Maschinen der Handwerker eventuell verbessern konnte – dazu hätte es zumindest ein wenig eigener Erfahrung bedurft.

Einen höchst bedeutsamen »freien« Berufsstand gab es allerdings bereits zu jener Zeit, der geistige und manuelle Arbeit auf überaus eindrucksvolle und anerkannte Weise zu vereinigen wußte, die *Architekten*. An dieser Stelle ein Loblied auf die griechische Architektur anzustimmen, hieße natürlich, die vielzitierten »Eulen nach Athen« zu tragen: Doch die Architekten Griechenlands waren eben einleuchtenderweise perfekte Geometer – und damit anerkannte Gelehrte, das heißt Geistesarbeiter oder kontemplative Denker, darüber hinaus aber auch Zeichner, die geschickt mit Zirkel und Lineal hantierten, und schließlich tüchtige Bau-

meister, die für bewundernswerte technische Innovationen sorgten. Zu Recht sah Lewis Mumford hier eine klare Quelle unserer Fehleinschätzung der antiken Technik, die, um es noch einmal nachdrücklich zu betonen, alles andere als rückständig zu werten ist:

»Das Fehltrium unserer Zeit rührt daher, daß die größten technologischen Errungenschaften der antiken Welt auf dem Gebiet der Statik und nicht der Dynamik lagen: in der Baukunst, nicht in der Mechanik; in Bauwerken, nicht in Maschinen. Wenn der Historiker in früheren Kulturen einen Mangel an Erfindungen entdeckt, so deshalb, weil er darauf beharrt, als Hauptkriterium des technischen Fortschritts die speziellen Arten von Kraftmaschinen und Automaten anzusehen, auf die der westliche Mensch sich heute festgelegt hat, während er wichtige Erfindungen wie die Zentralheizung und das Wasserklosett als unbedeutend ansieht oder sie in seiner Unwissenheit sogar unserer eigenen industriellen Revolution zuschreibt.«

Halten wir also fest: Die immer wieder behauptete technische Rückständigkeit des klassischen Griechenland ist in der Tat eine Legende. Dieses Fehltrium ist weitgehend unserem eigenen, vermutlich doch übertriebenen Hang zur technischen Perfektion zuzuschreiben; jedenfalls sollten wir es uns abgewöhnen, den sich nahe am Stillstand bewegenden technischen Fortschritt der Griechen als etwas höchst »Unnatürliches« anzusehen – womöglich ist *unser* Tempo der diesbezüglichen Entwicklungen weit eher erklärungsbedürftig. Gerade damals, als eine gelehrte Oberschicht – Platon sprach von den »besseren Familien« – die mechanische Arbeit und die Leute, die sie verrichteten, mit aristokratischer Verachtung strafen, entstand eine durchaus beachtliche Serie von wichtigen technischen Erfindungen. In jenem Land, wo das Wort »Maschinenbauer« ungefähr einen vergleichbaren Klang hatte wie hier und heute der Ausdruck »Gastarbeiter«, konnte trotz allem Spott und aller Diffamierung das Ausmaß der Entmutigung, der »Frustration« der Erfinder noch derart in vernünftigen Grenzen gehalten werden, daß es zu erstaunlichen technischen Innovationen kam. Die geringschätzige Behandlung der manuellen Arbeiter und die abwertende Beurteilung ihrer Erzeugnisse durch die Geistesarbeiter ließen das technische »Know how« jener Zeit jedenfalls nicht verkümmern. Zumindest war eine Art spielerischer Auseinandersetzung mit den technischen Leistungen möglich. Auch das relativ hohe Ansehen der griechischen Architekten, dieser geometriekundigen Leute, die zumindest als »manuelle Gelegenheitsarbeiter« betrachtet werden mußten, trug vermutlich seinen Teil zur Verbesserung der

Lage bei. Unbezweifelbar ist jedenfalls eine deutliche Beeinflussung vieler theoretischer Gedankengebäude von Anaximander bis Ptolemaios durch die verspotteten »Maschinenbauer«, sei es durch maschinelle Vorbilder oder durch die anregenden Erzeugnisse der mechanischen Fertigung.

Die effektive Verachtung des griechischen Gelehrtentums für die »niedrige« mechanische Betätigung drückte jedenfalls keinen typisch griechischen Charakterzug aus: Klar erkennbar war sie ein Erbe der alten Zivilisationen, in denen die Stundenpriester, Priesterverwaltung oder »Schreiber« bereits den Besitzstand von Bildung und Wissenschaft für sich in der klassengesellschaftlich organisierten Oberschicht wahrten. Schon in altägyptischen Papyri wurden die unübersehbaren Vorteile des Schreiberberufes, das heißt des Verwaltungsbeamtentums, in selbstgefalliger Arroganz gegenüber den verachtenswerten Handwerksberufen gerühmt. Da hieß es etwa:

»Dieser Beruf rettet dich vor der Arbeitspflicht und schützt dich vor allen Mühen. Er bewahrt dich vor dem Tragen der Hacke und des Pickels, und du brauchst keinen Korb zu schleppen. Er befreit dich von der Handhabung des Ruders. Er verhütet jede Mühsal, und du bist nicht unter dem Befehl vieler Herren und zahlreicher Vorgesetzter.«

Noch deutlicher wurden diese Vorteile in der gezielt abstoßenden Beschreibung handwerklicher Arbeitsprozesse: »Ich habe den Schmied beobachtet, wie er seine Gießer anleitet, den Metallarbeiter vor der lodernen Esse: Seine Finger sehen aus wie die Haut eines Krokodils; er stinkt ärgers als Fischlaich. Der in seiner engen Hütte sitzende Weber ist schlimmer dran als die Weber: Seine Schenkel sind dicht an die Brust gedrängt, so daß ihm das Atmen schwerfällt. Wenn es ihm auch nur an einem einzigen Tag nicht gelingt, das volle Quantum an gewebtem Stoff herzustellen, so wird er geprügelt wie eine Lilie im Teich. Doch der Beruf des Fischers ist am schlimmsten: Sein Umgang sind die Krokodile. Und wenn ihm nicht gesagt wird, wo diese Bestien lauern, so macht die Furcht ihn blind ...«

Weitaus feinsinniger und verklausulierter drückte dagegen der große Platon seine Verachtung für die handwerkliche Betätigung aus. Erst er war es, der durch seine konsequente Abwendung von den vergänglichem Dingen der Welt und seine Suche nach den unvergänglichen Ideen die zunächst durchaus geschätzte Handarbeit in Mißkredit brachte. Noch bei den ionischen Physikern gab es keine Probleme hinsichtlich der theoretischen und praktischen Betätigung, während die Pythagoreer bereits eindeutig der Theorie den Vorzug gaben. Und Platon verwarf schließ-

lich jede ernsthafte Beschäftigung mit den »praktischen Dingen« dieser Welt. Im *Georgias*-Dialog etwa ließ der Philosoph seinen »Talkmaster« Sokrates zu folgender »Seelenmassage« des Gesprächspartners ansetzen:

»Wenn aber jemand an dem Teile seines Ichs, das noch mehr wert ist als sein Leib, an der Seele nämlich, viele unheilbare Krankheiten hat – dem soll das Leben wertvoll sein und dem soll es nützen, wenn man ihn aus der Gewalt des Meeres und des Gerichtes und wo immer sonst her rettet? Nein, er weiß, daß für den schlechten Menschen das Leben nicht gut ist. Denn der muß notwendig schlecht leben.

Daher ist es nicht Brauch, daß der Steuermann sich etwas einbilde, wenn er uns auch rettet. Auch der Maschinenbauer nicht, mein Trefflicher, der bisweilen nicht Geringeres retten kann als ein Feldherr, geschweige denn ein Steuermann und irgend sonst einer; denn er rettet mitunter ganze Städte. Kann er sich wohl mit dem Redner vor Gericht messen? Und doch, wenn er, lieber Kallikles, reden wollte, wie ihr, und sein Geschäft herausstreichen, so könnte er euch mit seinen Reden überschütten und auffordern, daß ihr Maschinenbauer werden solltet, weil alles andere nichtig sei. Denn an Stoff dazu gebricht es ihm nicht. Aber du verachtest ihn und seine Kunst nichtsdestoweniger und würdest ihn fast zum Spott »Maschinenbauer« nennen, und seinem Sohne würdest du deine Tochter nicht geben, noch die seinige für deinen Sohn freien wollen. Und doch nach den Gründen, auf die hin du deine Kunst lobst – mit welchem Rechte verachtest du den Maschinenbauer und die anderen, die ich eben nannte? Ich weiß, du würdest erwidern, du seiest besser und aus besserer Familie. Wenn aber das »Bessere« nicht heißt, was ich darunter verstehe, sondern eben dies schon Tugend ist, daß man sich und das Seinige erhalte, mag man sonst sein, wie man will – so ist dein Tadel über den Maschinenbauer, Arzt und sonstige Künste, welche die Erhaltung zur Aufgabe haben, lächerlich. Nein, mein Trefflicher, bedenke, ob nicht das Edle und Gute etwas anderes ist als Retten und Sich-retten-Lassen.«

Bemerkenswert an dieser doch ziemlich überspannten Handwerkerbeschimpfung ist, daß sie auch den Arzt nicht verschonte, der zwar einer angesehenen aristokratischen Gilde Griechenlands angehörte, aber bisweilen auch kräftig zupacken und sich ganz und gar »unphilosophisch« die Hände schmutzig machen mußte: Heute noch ist es daher im englischen Sprachraum nicht üblich, einen Chirurgen (*cheirurgos*, griechisch: Handarbeiter) mit »Doktor« anzureden. Die philosophische Diskrimi-

nierung des Arztes hatte aber im klassischen Griechenland ihre verständlichen Gründe; denn neben der für diesen Berufsstand unvermeidlichen Handarbeit wurden in gewissen medizinischen Schriften deutliche Spitzen gegen die rein spekulative Philosophie formuliert. So hieß es etwa in einer Abhandlung aus einer Hochburg der ionischen Aufklärung, der berühmten Medizinerschule des Hippokrates von Kos (vergleiche Seite 87), daß »alle diejenigen, die versuchen, die Kunst des Heilens auf der Grundlage eines Postulats zu diskutieren – Wärme, Kälte, Nässe, Feuchtigkeit, Trockenheit oder irgend etwas anderem, woran sie Gefallen finden – und die Krankheits- und Todesursachen der Menschen auf ein oder zwei Postulate zurückzuführen, nicht nur ganz offensichtlich Unrecht haben, sondern sogar besonders deshalb getadelt werden müssen, weil sie sich mit ihrer Auffassung vom Wesen jener Kunst oder Technik im Unrecht befinden, die von allen Menschen in den Krisen ihres Lebens in Anspruch genommen wird, und deren Vertreter, soweit sie ihre Kunst verstehen, überaus hoch geschätzt werden.«

Trotz dieser bemerkenswert antspekulativen Haltung vieler griechischer Ärzte kam es aber dennoch dazu, daß die Heilkunde jener Zeit mehr und mehr in den Sog philosophischer Hypothesen, ja magisch-mystischer Doktrinen geriet, die bis ins 17. Jahrhundert ihren Einfluß behielten. Doch das nur am Rande.

Entscheidend für unsere Betrachtung ist jedoch die Tatsache, daß Aristoteles, der berühmteste Schüler des Platon, zu der von seinem Lehrer im Rahmen seiner Handwerkerbeschimpfung gerügten Heilkunde eine ganz besondere Beziehung hatte: Der im Jahr 384 v. Chr., als Sohn des Leibarztes eines makedonischen Königs im nordgriechischen Stageira, geborene Aristoteles teilte schon aufgrund seiner Familientradition und Erziehung nicht die übliche philosophische Verachtung der ärztlichen Betätigung. Im Gegenteil: Die Kunst des Mediziners, Patienten zu heilen, stand bei ihm in hohem Ansehen. So war Aristoteles auch der erste Theoretiker, dem das künstlerische Schaffen im allgemeinen eine eigene Untersuchung wert war – Platon, sein Lehrer, hatte zuvor die Kunst allenfalls unter rein pädagogischen Gesichtspunkten betrachtet.

Die bemerkenswerte Folge dieser positiven Einschätzung von Kunst oder Technik (griechisch: *technè*) durch Aristoteles war eine geradezu künstlerische, ja handwerkliche Konzeption seiner gedanklich noch immer faszinierenden *Meta-Physik*: Jedes Einzelding wurde nach dieser Lehre als »geformte Materie« erkannt – in der *Materie*, im »Material« (griechisch: *hylè*) wurde es überhaupt erst ermöglicht und in der *Form* (grie-

chisch: *morphe*) nahm es seine charakteristische Gestalt an. Dabei unterschied Aristoteles Eigenschaften dieser *Formgebung*, die er als wesentlich (»substantiell«) ansah, von solchen, die mehr oder weniger zufällig, also unwesentlich (»akzidentiell«) waren.

Darin steckte unverkennbar der Gedanke eines aktiv formenden oder gestaltenden Faktors, vergleichbar den Händen des Künstlers, die das Material des Tons zur Plastik modellieren, oder den Händen des Baumeisters, die den Stein zum Bauelement bearbeiten. Aber nicht nur die geprägte Form des künstlich erzeugten Gebildes, auch das lebendig-organische Werden eines natürlichen Gebildes aus dem Pflanzen- oder Tierreich kann als geistiges Vorbild für diese Grundbegriffe Aristotelischer Naturbeschreibung und Weiterklärung gesehen werden: Es erleichtert den Zugang zu einem weiteren Begriffspaar, *Akt* und *Potenz*, mit dem das ursprüngliche – Materie und Form – sinnvoll ergänzt wurde: Jedes Einzelding war für Aristoteles nicht nur seine durch die Materie und die substantielle wie akzidentielle Form bedingte tatsächliche (»aktuelle«) Wirklichkeit, sondern »potentiell«, das heißt der Möglichkeit nach, schon immer das, was es irgendwann einmal werden wird.

Auf diese Weise erschien in der Aristotelischen Philosophie die gesamte Natur als eine Art vernunftbegabter Organismus, dessen Geschehnisse zielstrebig und zweckbestimmt abliefen, soweit sie wesentlich bestimmt waren. Alle Veränderungen an diesem »Organismus«, etwa die Bewegungen der materiellen Körper, mußten daher als Verwirklichung von etwas Möglichem nach dem Tatsächlichen hin angesehen werden – als Aktualisierung eines bereits in der Potenz vorhandenen Grundkonzepts, zum Beispiel von Bewegungsprogrammen für die materiellen Körper.

Damit erklärte Aristoteles überaus einleuchtend, warum eine bestimmte Bewegung so und nicht anders ablaufen mußte, wie man sie tatsächlich beobachtete: Der spätere Realzustand steckte gleichsam schon als Zielvorstellung in dem bewegten Körper – sein Bewegungsverlauf war als Möglichkeit vorgegeben oder »programmiert«; denn jede Bewegung als Veränderung der Natur war, aristotelisch gesehen, die Verwirklichung eines Zieles.

Auf diese Weise war jede *natürliche* Bewegung sowohl notwendig als auch zweckbestimmt; beispielsweise hatte ein Stein die natürliche Tendenz zum Fallen, ebenso ein Regentropfen in der Luft, Luftbläschen im Wasser waren dagegen bestrebt nach oben zu steigen. Nur ein gewaltsamer Eingriff ließ eine erzwungene, »unnatürliche« Bewegung zustandekommen: Der Stein stieg nur, wenn man ihn in die Höhe warf, Was-

sertröpfchen nur, wenn man sie nach oben spritzte, die Luftbläschen sanken wiederum nur, wenn man sie nach unten drückte. Aristoteles selbst erläuterte diese Vorstellung in seiner *Physik*, Buch 8, Kapitel 4 mit Hilfe eines gewaltigen Schachtelsatzes:

»Wenn also die Bewegung aller Dinge, die in Bewegung sind, entweder natürlich oder unnatürlich und gewaltsam ist und alle Dinge, deren Bewegung gewaltsam und unnatürlich ist, von etwas bewegt werden, und zwar von etwas anderem als sie selbst, und wenn ferner alle Dinge, deren Bewegung natürlich ist, von etwas bewegt werden – sowohl diejenigen nämlich, die als Lebewesen durch sich selbst bewegt werden, wie leichte Dinge und schwere Dinge, die entweder durch das bewegt werden, was das Ding als gerade dieses ins Dasein rief und es leicht oder schwer machte, oder durch das, was entfernte, was es hemmte und behinderte –, dann müssen alle Dinge, die in Bewegung sind, bewegt werden von etwas.«

Der langen Rede kurzer Sinn: Jedes Sich-Bewegende sollte ein Bewegtes sein, das heißt, jede Bewegung setzte für Aristoteles eine *Beweg-Ursache* voraus. Für ein irdisches Ding, das sich auf seinen natürlichen Platz hinbewegte, war das seine eigene »Natur« – eine Natur, deren Bestreben, ja deren Erfüllung es war, die natürliche »Ruhestätte« zu erreichen, um dort schließlich bewegungslos zu verharrten, bis eine neuerliche erzwungene Bewegung diesen »Frieden« störte. Der Zustand der Ruhe war in der Aristotelischen Physik also der ausgezeichnete Zustand für die Dinge der Erde, die in seinem geozentrischen Weltsystem ja auch selbst im Mittelpunkt des Universums ruhte.

Anders sah dieser Sachverhalt in den nichtirdischen Regionen des Universums aus: Für die himmlischen Sphären sah Aristoteles die Beweg-Ursache in einem selbst unbewegten »ersten Beweger« (*primum movens*). Da die Gestirne aber nach der ewigen unbewegten Aktivität dieses Bewegers hinstreben, bewegten sie sich auf ewig gleichförmigen Kreisen – diese Bewegungsform sollte die bestmögliche Annäherung an jenen göttlichen Zustand darstellen, die ein physischer Körper überhaupt erreichen konnte. Mit dieser Vorstellung war der »Physiker« Aristoteles gar nicht so weit von den pythagoreischen Mystikern entfernt, nach deren Meinung die »göttlichen und ewigen Himmelskörper« aufgrund ihrer Natur nur gleichmäßige Kreisbewegungen ausführen konnten: Erneut hatten sich also nach den antireligiösen Tagen der ionischen Aufklärung Wissenschaft und Theologie in dem theoretischen Gedankengebäude eines überaus originellen Denkers vereint.

Doch bedeutete das nicht wiederum einen gewaltigen Rückschritt in bezug auf den Fortschritt der physikalischen Wissenschaft? Nicht gerade selten liest man bei mathematisch-naturwissenschaftlich orientierten Autoren unserer Zeit Sätze wie die folgenden, die wir dem schon erwähnten Mathematik-Buch des Lancelot Hogben entnommen haben:

»Es gibt in unserer westlichen Welt allzuviel ›Gebildete‹ – man hat sie für teures Geld gründlichst mit Doktrinen gefüttert –, welche die Größe und Bedeutung des alten Griechenland mit den Namen Platon und Aristoteles identifizieren. Die Wahrheit ist aber, daß diese beiden für lange Zeit hemmend auf die Entfaltung des menschlichen Erfindungsgeistes eingewirkt haben, und zwar in einem Ausmaß, das nahezu beispiegellos ist. Wären sie wirklich die Repräsentanten der geistigen Errungenschaften griechischer Kultur – wir könnten deren Beitrag mit Fug und Recht überhaupt abschreiben.«

Auch John D. Bernal sprach in seiner *Science in History* höchst respektlos von den »Ungereimtheiten und Verschrobenheiten der Physik des Aristoteles« und bezichtigte Platon, sein Einfluß habe die Menschen zweitausend Jahre lang daran gehindert, »die tatsächlichen Bewegungen der Himmelskörper zu erkennen«.

Trotz manch kritischer Anmerkung, die in unserer Betrachtung zu einigen Gedanken dieser Philosophen gefallen sind und noch fallen werden, wäre ein solches Urteil nicht nur eine unverantwortliche Ungerechtigkeit, sondern vor allem eine totale Mißachtung der historischen Gegebenheiten: Platon hat sich in hohem Maße um die *mathematische* Wissenschaft verdient gemacht – die Tatsache, daß die Mathematik diese bevorzugte Behandlung durch den Philosophen »nur« seiner Einschätzung zu verdanken hatte, daß sie als Vorstufe zur Ideenerkenntnis notwendig erschien, ist in dieser Hinsicht wahrlich kein Gegenargument. (Schließlich beruht die heutige Wertschätzung der Mathematik bei vielen Menschen ja auch vor allem auf der erfolgreichen Anwendung des mathematischen Formelapparates in Naturwissenschaft, Ökonomie und Technik.) In ähnlicher Weise verdanken die *empirischen* Wissenschaften Aristoteles eine Wertschätzung von nachhaltiger Wirkung, die auch der exakten Naturforschung zugute kam, selbst wenn das, was wir heute »Physik« nennen, im Grunde völlig »unaristotelisch« ist – wobei die aristotelische Wertschätzung der Erfahrung wiederum »unplatonisch« genannt werden kann! Fest steht: Während Platons Philosophie der mathematischen Forschung überaus wertvolle Impulse verlieh, kam Aristoteles mit seinem gedanklichen Ansatz, die materiellen Dinge durch

ihre Formen zu erkennen, jener erfahrbaren Wirklichkeit doch bereits sehr nahe, die wir heute mit beachtlichem Erfolg fast ausschließlich an den sinnlich wahrnehmbaren Gegebenheiten zu erkennen versuchen. Aristoteles ist daher als ebenso ehrenwerter Physiker (*Physikos*) zu betrachten wie sein Lehrer Platon als qualifizierter *Mathematikos*.

Selbst die immer wieder als besonders rückschrittlich gewertete *Bewegungslehre* des Aristoteles – deren einstiger Stellenwert übrigens nach den Tagen der heftigen neuzeitlichen Kritik völlig überschätzt worden ist – rechtfertigt keineswegs solch eine Aburteilung: Wenn man heute, aufgrund eines Physikverständnisses, das diese Wissenschaft lediglich als ein Entwerfen mathematischer Apparaturen zur Interpretation und Prognose natürlicher oder auch technisch bewirkter Geschehnisse betrachtet, zweifellos recht erfolgreich nach dem mathematischen »Naturgesetz« einer Bewegung fragt, so besagt das noch lange nicht, daß die aristotelische Methode der Erklärung »falsch« war.

Natürlich war Aristoteles, was etwa die quantitativen Antworten zum freien Fall oder zum senkrechten Wurf betrifft, weitaus weniger erfolgreich, als wir es von der modernen Physik in der Tradition eines Galilei und Newton gewohnt sind. Wir vergessen dabei jedoch nur allzu leicht, daß dieser »technische Erfolg« nur möglich geworden ist, weil die Fragestellung radikal geändert wurde – und zwar so rigoros, daß sie Aristoteles vermutlich gar nicht mehr interessiert hätte. Hören wir dazu eine aufschlußreiche Überlegung des Physikers Wilhelm Fuchs:

»Was gibt es Irrationaleres auf der Welt als den Vorgang, daß ein Stein, wenn ich ihn loslasse, herunterfällt? Die Menschen haben seit Jahrtausenden versucht, Fragen dieser Art mit dem Verstande nahezukommen. Sie haben darüber nachgedacht, wie denn die Natur das eigentlich mache, daß der Stein, der zuerst oben ist, wenn ich ihn loslasse, nach einiger Zeit sich weiter unten vorfindet. Dies Problem ist bis heute nicht gelöst. Wir wissen nicht das mindeste darüber, wie es kommt, daß der Stein, wenn wir ihn loslassen, nicht da bleibt, wo er ist, sondern seinen Ort ändert. Daran haben weder die klassischen Gravitationstheorien noch die modernen Feldtheorien etwas geändert. Sie wissen alle, daß Galilei kam und sagte, der Stein fällt in der ersten Sekunde 5 Meter, in der zweiten 15 Meter, in der dritten 25 Meter und so weiter. Was mußte ein Philosoph seinerzeit von dieser Bemühung, den Vorgang des Fallens quantitativ streng zu beschreiben, eigentlich denken? Er mußte denken, daß Galilei das Problem, um das es beim freien Fall geht, noch nicht einmal in seinen Anfangsgründen verstanden habe. Es ist doch ganz

gleichgültig, ob der Stein am Anfang ein bißchen langsamer fällt und später ein bißchen schneller. Das mag ja ein ganz interessantes Detail sein, aber mit dem eigentlichen Verständnis des Vorgangs hat doch eine derartige quantitative Beschreibung nicht das allermindeste zu tun. Man muß doch erklären, warum der Stein zuerst oben und nachher unten ist. Das hat Galilei nicht erklärt. Er ging bewußt an dem vorbei, was die Philosophen seit Aristoteles bewegt hatte, die Frage nach dem Wesen der Dinge und Erscheinungen. Er hat sich an dem Vorgang eine Eigentümlichkeit herausgesucht, die vom Standpunkt der Wesenserkenntnis höchst unerheblich war.«

Wie ein Stein zur Erde fällt, das läßt sich inzwischen in exakten Zahlenwerten ausdrücken. Auf die Frage, *warum* der Stein zur Erde fällt, weiß die moderne Physik dagegen noch immer keine Antwort: Sie hat dieses Problem einfach dadurch »gelöst«, daß sie eine solche Frage überhaupt nicht mehr stellt. Eine Erklärung der Art, daß der Stein beim Fallen auf Kosten seiner potentiellen Energie laufend kinetische Energie gewinnt, wobei die Gesamtenergie des Körpers unverändert bleibt, ist lediglich die quantitativ strenge Beschreibung des Wie-fällt-der-Stein-Sachverhalts.

Eine solche Erklärung ist jedoch schon vom Ansatz her völlig »un aristotelisch«: Für Aristoteles war ja die geradlinige Bewegung eines schweren Körpers nach unten, in Richtung Erd- und damit Weltmittelpunkt, hin zu seinem natürlichen Ort, jene Bewegung also, die inzwischen »freier Fall« genannt wird, eine der natürlichen Bewegungen im Kosmos. Die uns bekannte Fall*beschleunigung* als eine gleichförmig beschleunigte Bewegung blieb im Aristotelischen System gänzlich unerklärt, weil der Philosoph meinte: Je schwerer das Gewicht des fallenden Körpers ist und je dünner das Medium, durch das er hindurchfällt, um so größer sei die *konstante Fallgeschwindigkeit* seiner natürlichen Bewegung. Als ideale Bewegungsform kannte Aristoteles in diesem Fall ja nur die geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit.

Wer diese Aristotelische Hypothese als doktrinar oder gar naiv empfindet, der sollte bedenken, daß selbst der junge Galilei noch im Jahr 1590 in seiner Schrift *Über die Bewegung (De motu)* mit Nachdruck behauptete, diese Fallgeschwindigkeit sei bestimmt durch die Differenz im spezifischen Gewicht vom fallenden Körper und vom Medium, durch das er fällt: Durch Fallversuche von einem hohen Turm habe er mehrfach »beweisen« können, daß Körper aus Blei schneller fallen als solche aus Holz. Auch die Aristotelische Vorstellung, daß eine im irdischen Bereich erzwungene, unnatürliche Bewegung durch Stoß oder Zug an einem Kör-

per einer um so größeren »Kraft« (in einem selbstverständlich operational noch nicht streng definierten Sinne) bedürfe, je schwerer dieser zu bewegendende Körper sei und je größer die Geschwindigkeit sein solle, mit der er sich schließlich bewege, führte allenfalls zum falschen »Gesetz«, diese »Kraft«-Einwirkung sei proportional zum Körpergewicht, zur Schwere oder Trägheit und zur Geschwindigkeit, und niemals zu der uns bekannten Definition des Kraftbegriffs »Kraft gleich Masse mal Beschleunigung«. Aber in der Physik des Aristoteles gab es schließlich eine *absolute Bewegung* bezüglich eines *absoluten Bezugssystems*, dessen Zentrum die ruhende Erde, das heißt der Erd- beziehungsweise Weltmittelpunkt war. Damit mußte nicht nur jede Geschwindigkeitsänderung, sondern auch jede Ortsveränderung eines bewegten Körpers durch die Einwirkung einer Kraft erklärt werden. Anders gesagt: Nicht die Beschleunigung, sondern die *Geschwindigkeit* bedurfte nach Aristotelischer Spekulation der fortwirkenden Anwesenheit von Kräften – eine Ansicht, die übrigens durch folgende Überlegungen untermauert wurde.

Ein überaus interessanter Aspekt der Aristotelischen Bewegungslehre war die hartnäckige Leugnung der Existenz eines Vakuums: Da der Philosoph bekanntlich angenommen hatte, daß die konstante Fallgeschwindigkeit eines schweren Körpers seinem Gewicht direkt und der Dichte des Mediums, durch das er fällt, indirekt proportional sei, hätte nach diesem Ansatz der Dichtewert Null, der dem luftleeren Raum oder dem Vakuum entspricht, zu einer unendlich großen Fallgeschwindigkeit geführt. Ein »unendlich schnell« fallender Körper war jedoch für Aristoteles, der bereits höchst vernünftige und scharfsinnige Betrachtungen über »das Unbegrenzte« anstellte, eine völlig absurde Angelegenheit. Daher argumentierte er ungefähr so: Einer natürlichen oder erzwungenen Bewegung wird von der Luft erkennbar Widerstand entgegengesetzt. Würde daher die Luft oder ein anderes Medium, durch das sich ein Körper bewegt, völlig fehlen, so müßte dieser Körper in absoluter Ruhe verharren. Falls er sich dann jedoch trotzdem bewege, so müßte er sich immer mit der gleichen Geschwindigkeit fortbewegen.

Diese Spekulation erschien Aristoteles so abwegig, daß er die Existenzmöglichkeit eines Vakuums einfach leugnete. Es scheint überaus bemerkenswert, daß der Philosoph mit dieser Überlegung in der Tat nur knapp an dem ersten Bewegungsaxiom der Newtonschen Mechanik »vorbeigedacht« hatte, das der englische Physiker rund zwei Jahrtausende später, im Jahr 1687, so formulierte:

»Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der geradlinig

gleichförmigen Bewegung, wenn er nicht durch eine einwirkende Kraft gezwungen wird, diesen Zustand zu ändern.«

Diese Feststellung Newtons, die übrigens kein an der Erfahrung nachprüfbares Gesetz ist, beschrieb auf zweckmäßige Weise den unbeschleunigten Körper: Denn wo auch immer die Beschleunigung eines Körpers beobachtet wird, betrachten wir das seit den Tagen von Galilei und Newton nützlicherweise als Einwirkung von Kräften auf diesen Körper. Aber wie schon gesagt: In der Aristotelischen Physik, in welcher die Annahme von absoluten Bewegungen bereits die Ortsveränderung eines bewegten Körpers durch Krafteinwirkung erklärungsbedürftig machte, wäre die Formulierung einer solchen Aussage unmöglich gewesen.

Trotz alledem ist es ein tiefverwurzeltes Vorurteil, daß gewisse Konsequenzen der Aristotelischen Physik, die eindeutig der Erfahrung widersprechen – zum Beispiel: schwere Körper fallen schneller als leichte, wobei die Fallgeschwindigkeit konstant bleibt; es kann kein Vakuum existieren –, den Fortschritt der naturwissenschaftlichen Forschung über Jahrhunderte hinweg schlechthin lahmgelegt hätten: Schon Straton aus Lampsakos (etwa 340–270 v. Chr.), genannt »der Physiker«, erkannte die Tatsache der *Fallbeschleunigung*, indem er die Abhängigkeit der Endgeschwindigkeit fallender Körper von der Fallhöhe beobachtete. Dennoch empfand Straton es als überflüssig, aufgrund dieses Sachverhalts sogleich die gesamte Aristotelische Physik über den Haufen zu werfen – war er doch mit Aristoteles der Meinung, daß schwere Körper schneller fallen als leichte.

»In der Geschichte der Physik geht es niemals so zu, daß aufgrund von Beobachtungen, die in das bisherige System nicht hineinpassen, gleich das ganze System geändert wird«, erläuterte zu Recht Paul Lorenzen: »So lange man keine Prinzipien für die Wahl eines neuen Systems hat, bleibt gar nichts anderes übrig, als zu versuchen, das bisherige System zu modifizieren. Von den Aristotelikern sind daher – mit Recht – die Schwierigkeiten der Fallbewegung niemals als hinreichender Grund für eine Verwerfung des ganzen Systems angesehen worden.«

Trotz dieser reichlich konservativen Haltung der nacharistotelischen Physiker Griechenlands wurde beileibe nicht alles, was Aristoteles gelehrt hatte, in blindem Glauben akzeptiert und einfach kritiklos nachgebetet. Straton »der Physiker«, in seiner methodischen Arbeit ein ziemlich radikaler Empiriker, entdeckte nicht nur die beschleunigte Bewegung der fallenden Körper, sondern widersprach auch energisch der Meinung des Aristoteles, daß es kein Vakuum geben könne, und zwar wiederum auf-

grund von Versuchsergebnissen. Wie ausgeklügelt damals die experimentellen Techniken der Physiker schon sein konnten, soll uns auf höchst eindrucksvolle Weise eine Schrift zeigen, deren entscheidende Aussagen Straton zugeschrieben werden. Es ist die faszinierende *Pneumatica* des Heron aus Alexandria, in der bereits in der Einleitung zum Thema »Vakuum« folgendes berichtet wurde:

»Wir kommen jetzt zu denen, die die Existenz eines Vakuums vollständig leugnen. Diesen ist es natürlich möglich, viele Gegenargumente gegen

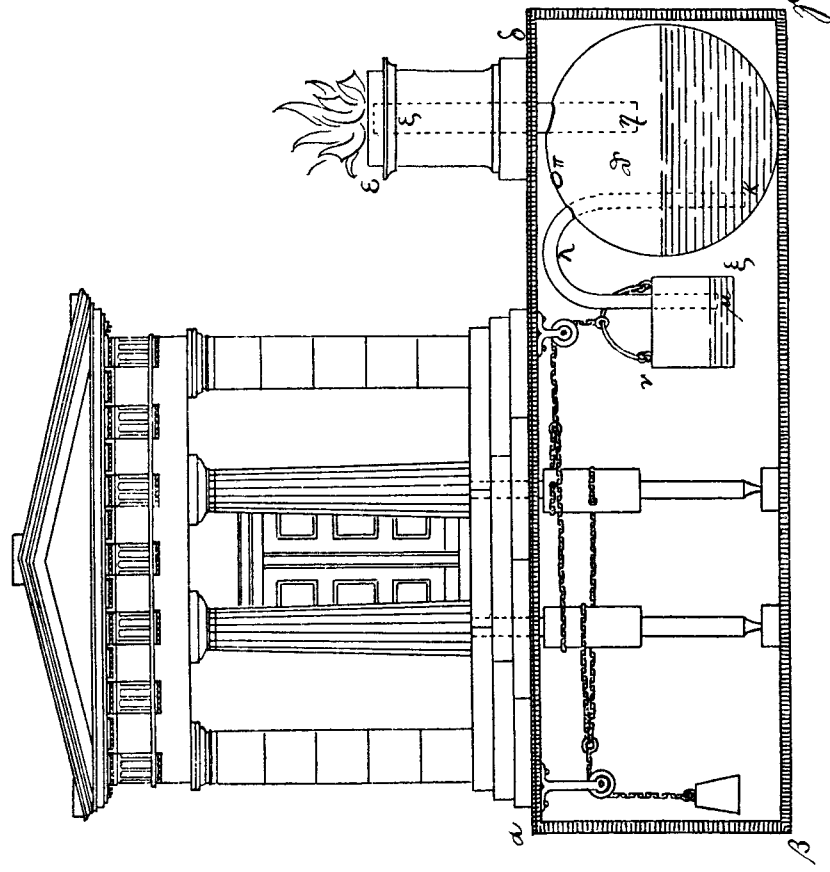


Abbildung 9.2: Heron aus Alexandria hatte einen pneumatischen Tempeltüröffner entworfen, einen Mechanismus, bei dem nach Entzünden des Opferfeuers erwärmte Luft Wasser in ein Gefäß drückte, dessen erhöhtes Gewicht dann zwei mit den Türflügeln verbundene Walzen in Bewegung versetzte.

das zu erfinden, was wir vorgebracht haben, und solange experimentelle Beweise fehlen, mag ihre Logik einen leichten Sieg davontragen. Wir werden ihnen daher durch Erscheinungen, die sich beobachten lassen, zwei Tatsachen zeigen:

1. Daß es ein kontinuierliches Vakuum gibt, aber daß dies nur gegen die Natur existiert,

2. daß es auch ein Vakuum von Natur aus gibt, aber nur in kleinen zerstreuten Maßen.

Wir werden ihnen ferner zeigen, daß unter Druck diese zerstreuten Vakua von Körpern erfüllt werden. Diese Beweise werden den Wortakrobaten keinen Ausweg mehr lassen.

Für unsere Vorführungen brauchen wir eine Metallkugel, die etwa zwei Liter faßt. Das Metall muß so dick sein, daß es den Belastungen standhält. Die Kugel muß luftdicht sein. Eine Kupferröhre mit einer engen Öffnung sei so in die Kugel eingeführt, daß sie nicht bis zur gegenüberliegenden Stelle der Kugel reicht, sondern genügend Platz für das Einströmen von Wasser läßt. Die Röhre rage etwa drei Zoll aus der Kugel heraus. Der Teil der Kugel um die Einführungsstelle der Röhre herum muß mit Zinn verlötet sein, so daß die Röhre und die Kugel eine zusammenhängende Fläche darstellt. Es darf keine Möglichkeit geben, daß Luft, die in die Kugel hineingeblasen wird, durch einen Spalt entweichen kann.

Nun wollen wir im einzelnen die Folgerungen aus dem Experiment untersuchen. Zu Anfang ist in der Kugel Luft, wie in jedem Gefäß, das man für gewöhnlich »leer« nennt. Die Luft füllt den ganzen umschlossenen Raum aus und drückt gleichmäßig gegen die Wände. Nach den Logikern sollte es – weil es nirgends unerfüllten Raum gibt – unmöglich sein, in die Kugel Wasser oder noch mehr Luft hineinzubringen, ohne die schon darin vorhandene Luft zu verdrängen. Ferner, wenn der Versuch gemacht wird, Luft oder Wasser mit Gewalt hineinzupressen, sollte das Gefäß, da es ja voll ist, eher zerbersten, als dies gestatten. Nun gut. Was geschieht aber wirklich? Jemand, der seine Lippen an die Röhre setzt, kann eine große Menge Luft in die Kugel hineinblasen, ohne daß darin enthaltene Luft entweicht. Dies ereignet sich jedesmal, wenn der Versuch wiederholt wird, und beweist damit deutlich, daß die Luftteilchen in der Kugel in die leeren Räume zwischen den Teilchen gedrückt werden. Dieses Zusammengedrücktwerden ist gegen die Natur, es ist die Wirkung des gewaltsamen Hineinpressens der Luft. Wenn man weiterhin nach dem Blasen die Röhre schnell mit dem Finger verschließt, so

bleibt die Luft die ganze Zeit zusammengedrückt in der Kugel. Aber bei Entfernung des Fingers strömt die Luft, die hineingepreßt war, laut und gewaltsam aus, da sie von der Luft in der Kugel – die Luft ist ja elastisch – herausgetrieben wird.

Wenn der umgekehrte Versuch angestellt wird, kann eine große Menge Luft aus der Kugel herausgesaugt werden, ohne daß andere Luft hineingelangt, die sie ersetzen könnte. Dieses Experiment zeigt zwingend, daß sich ein kontinuierliches Vakuum in der Kugel bildet.«

Soweit die *Pneumatik*-Schrift des Heron, deren entscheidende Inhalte wohl Straton »dem Physiker« zugeschrieben werden können. Es sollte schwerfallen, angesichts solch eindrucksvoller Dokumente weiterhin Vorurteilen der Art zu huldigen, in der griechischen Antike habe es keine nennenswerten Wechselwirkungen zwischen Naturforschung und Technik gegeben oder eine sinnvolle physikalische Wissenschaft habe überhaupt nicht stattfinden können, weil die rein auf Spekulation ausgerichtete Naturphilosophie des Aristoteles jede Experimentierfreudigkeit zu nichte machte. Auch nach der glanzvollen Epoche der ionischen Aufklärung gab es in Griechenland eine stattliche Zahl bedeutender Naturforscher – und auch Aristoteles sollte man als ehrenwerten *Physikos* zu ihnen zählen. So braucht es also nicht zu verwundern, daß selbst der Physiker John D. Bernal (*Science in History*), der sich mit heftiger Detailkritik an der klassischen Naturforschung nicht gerade zurückhaltend äußerte, letztlich doch zu folgender Bilanz kam, der aufgrund unserer Betrachtungen uneingeschränkt zugestimmt werden kann:

»Das vielleicht bedeutendste Erbe der Antike war der Begriff der Naturwissenschaft selbst. Wie Legenden bezeugen, behauptete sich hartnäckig die Auffassung, daß die Alten durch eingehende Studien so tiefe Kenntnisse der Natur erworben hätten, daß sie diese zu beherrschen vermöchten. So soll angeblich Alexander, der Schüler des Aristoteles, ein Unterseeboot besessen haben und in einem von Adlern gezogenen Wagen durch die Luft geflogen sein. Von den tatsächlichen Elementen der antiken Kultur war die Naturwissenschaft am beständigsten, besonders Astronomie und Mathematik. Da beide zur Aufstellung von Planetenkarten, wenn auch nur für astrologische Voraussagen, unentbehrlich waren, mußten sie überliefert und ständig betrieben werden. Vieles aus den anderen Wissenschaftszweigen blieb in Büchern erhalten und sollte erst von den Arabern und später von den Humanisten der Renaissance wiederentdeckt werden. Wir werden wohl niemals erfahren, wieviel unwiederbringlich verlorengegangen ist; doch ist genügend bewahrt

worden, um das Denken und die Praxis späterer Zeiten zu beeinflussen und anzuregen. In den letzten 500 Jahren ist in der Tat so viel wiederentdeckt und nachgebildet worden, daß die klassische Welt völlig in unserer eigenen Zivilisation aufgegangen ist, und das nirgends bewußter und erfolgreicher als in der Technik und in der Naturwissenschaft.«

10

Die Ideenkette des Atomismus

«Bei der Entstehung wissenschaftlicher Ideen gibt es keinen absoluten Anfang«, meinte der Wissenschaftshistoriker Pierre Duhem und erläuterte: »Soweit wir auch jene Denkspuren zurückverfolgen, die eine Idee vorbereitet, angedeutet und gesichert haben, so stoßen wir auf Meinungen, die wiederum als solche von anderen angedeutet, vorbereitet und gesichert worden sind. Der einzige Grund also, warum wir es aufgeben, diese Ideenkette weiter zu verfolgen, ist nicht, daß wir je das allererste Glied gefunden haben, sondern weil die Kette in der Tiefe einer unendlichen Vergangenheit verschwindet.«

So gesehen reichen die Wurzeln einer diskutablen Lehre vom *Luftdruck* zumindest tief in die Altsteinzeit zurück, als die bei der Ausübung ihrer anstrengenden Tätigkeit immer wieder außer Atem geratenen Jäger über die heftigen Bewegungen ihrer Brustkörbe und Bauchmuskeln ins Grübeln gerieten, während sie nach Luft schnappten. Auch die Atemnot beim Pfeifen des kalten Wintersturmes mag sie zum Nachdenken über diese merkwürdige Substanz Luft bewegt haben. Und trotz allem magischen Naturverständnis bliesen diese »Altsteinzeitler« nicht nur auf Horn und Pfeife, sondern erfanden auch den Blasebalg, benutzten die luftgefüllte Blase als Schwimmkörper und pusteten ins Blasrohr, um Pfeile abzuschießen. Damit erkannten und nutzten sie nicht nur die Elastizität und Kompressibilität der Luft, sondern entdeckten auch den höchst bemerkenswerten Sachverhalt, daß der Luftstrom – durch Blasen oder Saugen – in eine ganz bestimmte Richtung gelenkt werden konnte.

Walter R. Fuchs

Bevor die Erde sich bewegte

Eine Weltgeschichte
der Physik

Deutsche Verlags-Anstalt