

# 1 De første teorier om verden

To fænomener er helt afgørende for, at man kan udvikle en ideformende kultur – en kultur, der ikke kun indeholder religion, men også refleksion, ikke kun kunst, men også refleksioner over kunst, ikke kun ritualer, men også systematisk udvikling af metoder til problemløsning. De to fænomener er *tal* og *skrift*. Med tal holder man tal på sine ting, repræsenterer forhold i omverdenen og udvider sin evne til at huske. Med skrift – især i form af skriftsprog baseret på et alfabet og ikke billedtegn – kan man ikke blot notere antal, men også hvilke objekter, man har dette antal af. Man kan fortælle sin historie og bevare den for eftertiden, uden at skulle forlade sig på mundtlig overlevering og den menneskelige hukommelse. Og man kan se, hvad man selv eller andre har sagt eller tænkt, ikke kun høre det. Man kan endda begynde at reflektere over selve det forhold, at der på et stykke papir – eller en lertavle, en papyrusrulle osv. – står noget, som ikke kun er streger, men noget med betydning og indhold.

Billeder er menneskets første repræsentationer. For omkring 10-15.000 år siden frembragte mennesket de først kendte repræsentationer, der viser, at man har benyttet sig af optælling. Man har bevaret små simple lerfigurer fra for omkring 10.000 år siden, som har været brugt til at repræsen-

tere forskellige antal af beholdere eller dyr. Det var måske menneskets første system til opbevaring af informationer. I forhold til f.eks. et vist antal streger på en knogle kunne dette system bruges til at tælle og opbevare information om både antal og kategori. Syv køer, tre

◀ Den græske astronom, matematiker og geograf Ptolemaios' *Geographia* fra 150 e.v.t. indeholder instruktioner til at tegne kort over "oikumene", dvs. over hele den beboede verden. Selve kortene stammer fra ca. 1300 e.v.t. og frem, efter at munken Maximus Planudes (ca. 1260-1330) havde genopdaget manuskriptet. Her ses Ptolemaios' kort over Europa. Bemærk, hvordan Skotland når næsten helt over til Danmark.

Omkring 8000 f.v.t. begyndte man i og omkring det nuværende Iran at bruge simple geometriske former som f.eks. kugler, trekanter og møntformede lerklumper til at optælle med i en-til-en-korrespondance. Fra venstre ses et mål for korn, et mål for en bestemt dyrerace og et mål for en dags arbejde. Systemet blev brugt i ca. 5000 år, indtil man begyndte at bruge abstrakte tal, der førte til skrift omkring 3200 f.v.t. og matematik omkring 2600 f.v.t. Schøyen-Samlingen MS 5067/1-8 · Oslo og London.



Det lille leræg øverst med rillen i toppen repræsenterede en krukke olie. De andre figurer stod for forskellige tekstiler. Schøyen-Samlingen MS 4522/1-8 · Oslo og London.

tønder korn og måske endda arbejdsenheder: tre hele dages arbejde osv. Man kalder systemet for konkret tælling. I årene fra omkring 8000 til 3200 f.v.t. spredtes sådanne bogføringssystemer over hele Mellemøsten.

Omkring 3200 f.v.t. ændredes systemet og blev mere komplekst. Det skete i Sumer og hang sammen med, at der her på denne tid opstod de første store bysamfund – og med dem organiseret religion, store templer og en statsdannelse med behov for at opkræve skatter. Tal-lerfigurerne repræsenterede nu ikke bare korn og køer, men også færdigvarer som man kunne handle med: tøj, tekstiler, metalgenstande og redskaber, smykker, brød og krukker fyldt med olie. De simple lertal udviklede sig efterhånden til to af de mest afgørende menneskelige frembringelser: de abstrakte tal og en skrift baseret på fonetisk opdeling af talesproget, og dermed senere alfabetisk baseret skrift, i modsætning til f.eks. de kinesiske piktogrammer.

Når skrivere og bogholdere i Sumer skulle opbevare og kommunikere information, skete det ved at sende de små lerfigurer i lerkonvolutter, der altså var en slags beholdere med små ting i, der repræsenterede det, der blev talt om. Beholderne var upraktiske, da man ikke kunne se, hvad de indeholdt. Man begyndte så at sætte tegn på selve konvolutten for at angive indholdet. Snart indså man, at det jo overflødiggjorde selve indholdet – konvolutten med tegn på var nok i sig selv. En lille lerkugle blev så til en cirkel, en lille lertop til en trekant osv. De komplekse lerfigurer, der ikke bare kunne afbildes, trak man på

## ❖ Udviklingen fra lerfigurer til skrifttegn

Lerfigurer	Piktogram	Neo-sumerisk/ gl.-babylonsk	Neo-assyriske	Neo-babylonsk	Dansk
					Får
					Kvæg
					Hund
					Metal
					Olie
					Klæde
					Armbånd
					Parfume

snore, og de blev derved organiseret lineært, som led på en kæde. Senere blev de til billeder, der blev sat efter hinanden, og dermed til skrift. Et lille leræg med en rille blev til et O med en streg igennem, et Ø, og det stod for en krukke olie.

Sumererne foretog altså den abstraktion, det er at gå fra at repræsentere tredimensionale ting i verden med små legetøjsting, der også er tredimensionale, til at repræsentere ting todimensionalt, som tegn på en flade. De fandt også på at repræsentere tre krukker olie ikke som ØØØ, men med et tegn for tre og så et Ø. De tegn, de valgte for tallene, var oprindeligt tegnene for mål af korn. En kile stod for et lille mål af korn, en cirkel for ti af disse osv., i en blanding af et decimalt og et seksagesimalt talsystem noteret efter nogenlunde samme principper som romertallene. Tredive krukker olie kunne altså noteres sådan her: oooØ. Taltegnene var afledt af de tidligere simple lerfigurer og blev presset i leret, ordtegnene blev kradsat i leret med en spids træpen. Man kunne altså sondre mellem taltegn og ordtegn.

Senere blev ordtegnene til tegn for stavelser, og man udviklede et fonetisk baseret skriftsystem. Det skete muligvis på grund af behovet for i regnskaber – f.eks. skatteregnskaber – at kunne referere til personer og anføre deres navne. Reference til personer skete tidligere ved hjælp af personens segl, som næsten alle i Sumer havde et af. Det krævede imidlertid personens tilstedeværelse og var derfor upraktisk. Samtidig kunne ikke alle navne repræsenteres ved simple billeder, så man gik over til at bruge en fonetisk repræsentation. Det blev forløberen for den senere alfabetiske skrift, der opstod i Mellemøsten næsten 2000 år senere.

Skriften opstod altså ud fra tallene. I tiden mellem den abstrakte repræsentations opkomst og alfabetets havde man i Babylon udviklet brugen af tal. I et samfund som det babyloniske med både store byer, handel og en statsmagt, der opkrævede skat, og et landbrug, der skulle forsyne byerne, måtte man bruge tal til mange ting. Kalender, regnskaber, opmåling af land. Der udviklede sig mange metoder til sådanne beregninger, og vi kender dem fra et stort antal bevarede lertavler. Babylonierne foretog også astronomiske observationer og gjorde sig tanker om universets indretning.



Der er bevaret en lang række lertavler fra babylonisk tid, der beskriver vigtige hændelser i Babylons historie. Blandt andet denne, som fortæller om den babyloniske erobring af Jerusalem i 597 f.v.t. og Nebukadnesar II's (605-562 f.v.t.) krig mod den egyptiske konge Neko II (609-594 f.v.t.), der tidligere havde forsøgt at erobre Syrien.

Udsnit af Papyrus Rhind. Denne seks meter lange papyrusrulle fra 1650 f.v.t. indeholder 87 matematiske problemer, blandt andet omkring multiplikation og brugen af brøker. Når egypterne brugte brøker, så var de altid formuleret som summen af enhedsbrøker, dvs.  $1/n$ , hvor  $n = 2,3,4,5...$  Hvis en egypter f.eks. ønskede at købe  $2/3$  af en lagkage, måtte det formuleres som summen af de to enhedsbrøker  $1/2+1/6$ . Papyrusen indeholder en tabel for alle  $2/n$ , hvor  $n$  er et ulige tal mellem 3 og 101 · British Museum.

Det samme var tilfældet i Egypten, hvorfra skrifter med forskellige beregninger er bevaret. Det kendteste er det såkaldte Papyrus Rhind, der behandler en lang række regnetekniske problemer. I disse kulturer er der således udviklet en lang række beregningsmetoder, der er udviklet kalendersystemer baseret på observation af stjernerne, talsystemer og skriftformer af forskellig art og





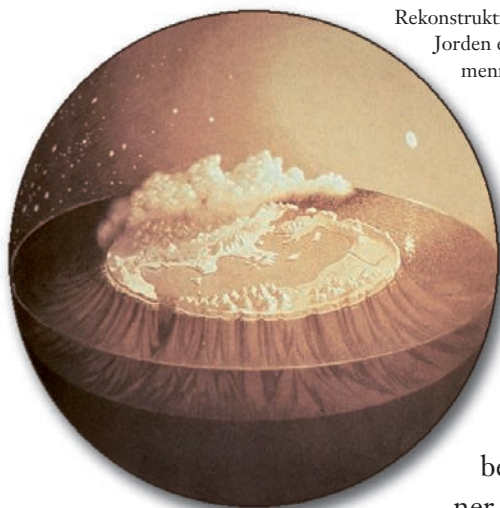
komplekse forklaringer på universets opståen og indretning. Der er tale om meget store praktiske fremskridt. Alligevel så man disse fænomener enten som rent praktiske løsninger på konkrete problemer eller som led i en større rituel og mytologisk forståelse af livet og verden.

## Verden kan forstås

I Grækenland fandtes også en omfattende kultur baseret på rituelle og mytologiske forståelser af mennesket og dets verden. De kendteste fremstillinger blev givet af digterne Homer (8. årh. f.v.t.) og Hesiod (ca. 700-650 f.v.t.). Her er verdensforståelsen knyttet til en opfattelse af, at alt er styret af en række guder med meget menneskelige træk. De styrer verdens gang, både ved at gribe ind i og påvirke menneskenes handlinger og ved at stå bag fænomenerne i naturen. Men der er ikke tale om genkendelighed eller lovmæssighed: gudernes verden er fuld af konflikter, og deres viljer og handlinger er sjældent forudsigelige eller rationelle. Zeus drives af lyster og behov og udøver ikke kun rationelt overherredømme som en god, intelligent og myndig leder. De andre guder gør oprør og skændes indbyrdes, og selv om skæbnegudinderne fastlægger skæbnen, kan det virke som om, deres planer kan ændres af de andre guder. Det homeriske og hesiodiske verdens-

Rekonstruktion af det homeriske verdensbillede.

Jorden er flad og omgivet af vand, og guderne styrer menneskenes verden fra deres bjerg, Olympen.



billede er kaotisk og kun delvist anvendeligt til at give gode forklaringer på de fænomener, man kan observere. Det skyldes først og fremmest, at det forsøger at forstå og forklare verden, mennesket, samfundet og naturen ud fra en anden verden, der også er befolket med meget menneskelige væsener. Det forsøger endda at forstå naturfænomener som resultat af menneskelignende kræfter.

Men på et tidspunkt omkring år 600 f.v.t. begynder forskellige mennesker at tænke på en anden måde. De er kritiske over for de mytologiske forsøg på at forstå verden. De afprøver et alternativ, nemlig det man kunne kalde en naturalistisk verdensforståelse. Det vil sige, at de forsøger at give en forklaring på, hvordan verden er, og hvor mennesket er placeret i den, ud fra på den ene side erfaring og observation og på den anden side nogle mere generelle principper.

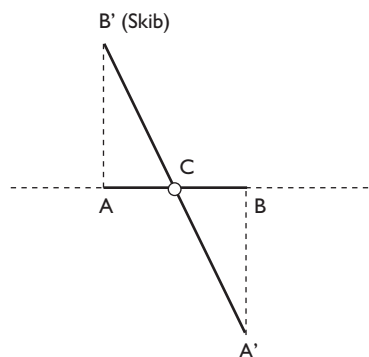
Et eksempel kunne være, at et skib er i havsnød. Det er det, fordi havguden Neptun er rasende. Nu forsøger man at redde det ved en bøn eller et offer – men alligevel forliser skibet. Vi forklarer nu forliset med, at Neptun ikke lod sig formilde. Det forklarer jo klart nok, at skibet forliste, men det er ikke en type forklaring, der kan danne grundlag for en mere almen forståelse. Det ville kræve, at man havde en almen forståelse af Neptun. Men han lader sig nogle gange formilde, andre gange ikke, tilsyneladende uden et bestemt mønster. Der er simpelthen ikke tale om noget rationelt samspil mellem observation, erfaring og generelle principper.

I de lilleasiatiske græske byer, på Sicilien og i Athen fremkom der bud på rationelle forståelser baseret på almene principper. Et eksempel er den første kendte filosof og videnskabsmand Thales (ca. 635-543 f.v.t.), der ifølge overleveringen havde studeret geometri i Egypten. Han forsøgte at løse en række problemer inden for geometrien og at anvende løsningerne til praktiske formål. Thales begyndte den lange tradition af græske matematikere og filosoffer, der udviklede nye teorier om verden, og han anses som den første,

der antog, at observerede fænomener ikke skulle forklares mytologisk, men derimod ud fra generelle principper, dvs. en slags naturlove.

I løbet af nogle århundreder fra omkring år 600 f.v.t. lykkes det grækerne at skabe nogle afgørende nye erkendelsesmæssige fænomener. Det vigtigste er nok den matematiske videnskab. Den opnår i denne periode en overraskende grad af fuldkommenhed og fremstår for mange senere kulturer som et erkendelsesmæssigt ideal. Dernæst lykkes det grækerne at grundlægge filosofien i deres forsøg på at finde begrundede svar på fundamentale spørgsmål. Endelig begynder grækerne at studere naturen på en måde, der minder om det, vi i dag kalder empirisk naturvidenskab. De udvikler astronomisk observation, de anstiller visse forsøg og udvikler en række fysiske teorier. De opnår nogle erkendelser og udvikler nogle begreber og metoder, som vi i dag anerkender og benytter. Visse af deres frembringelser fremstår næsten perfekte, fuldt udviklede, f.eks. Aristoteles' logik, der først rigtigt overgås i slutningen af 1800-tallet, eller Euklids matematiske værk *Elementerne*, der i lange perioder og helt op til i dag var næsten obligatorisk universitetslæsning. Det blev opfattet som et kron eksempel på den klare tanke og dens formåen.

De naturalistiske tænkere, også kaldet de ioniske filosoffer, fremførte en lang række teorier om naturens indretning. Nogle mente, at den bestod af urstoffet vand, andre anså luft for det centrale element. Det afgørende er dog ikke, *hvad* de konkret mente, men *hvordan* de mente det – nemlig at man skulle forklare den erfarede verden og dens fænomener ud fra en underliggende virkelighed, der først og fremmest var mere simpel og stringent, og som var struktureret ud fra logiske principper, sammenhænge og lovmæssigheder. Thales mente, at alt stammede fra vand, og at Jorden flød som en skive på et hav, og at universet som helhed var en halvkugle. Det svarer vel meget godt til en beskrivelse af den situation, hvor man står ved en kyst og kigger ud over havet. Han tilskrives også løsningen af problemer såsom



For at beregne afstanden fra stranden til et skib på havet benyttede Thales sandsynligvis et instrument bestående af to pinde (A-B og A'-B'), der var sømmet sammen i midten, men som kunne rotere frit. På toppen af et tårn ved stranden holdt Thales så den ene pind parallel med strandkanten og drejede derefter den anden pind, så punktet B' kom til at pege på skibet ude i havet. Thales vidste, at trekanten ACB' er den samme som trekanten CBA', og han behøvede derfor kun at kigge i den anden retning og se, hvilken bygning punktet A' pegede på inde i landet, og derefter måle afstanden til den (eller slå den op i en tabel).

bestemmelsen af afstanden fra strandkanten til et skib på havet og af højden på en pyramide, begge ved brug af ensformede trekanter, dvs. geometri.

Andre naturalister var Anaximander (ca. 610-545 f.v.t.) og Anaximenes (d. ca. 525 f.v.t.), der som Thales levede i den lilleasiatiske by Milet i årene efter 600 f.v.t. De beskæftigede sig også med at forklare naturfænomener, som f.eks. lyn og torden, og med at skabe praktiske løsninger, f.eks. bedre kort. En naturalist, der foretog omhyggelige empiriske observationer, var Diogenes fra Apollonia (ca. 450-400 f.v.t.), som var den første, vi kender, der beskrev menneskets anatomi, især blodårerne.

Omkring år 500 f.v.t. levede Heraklit (ca. 540-480 f.v.t.) i byen Efesos nord for Milet. Han tilføjede tænkningen en række nye træk. Han fremførte bl.a., at man ikke skal tro på noget, bare fordi en bestemt person siger det. Derimod er det fornuften, *logos*, man skal have tillid til. For Heraklit var alting forandring, men forandring forudsatte også noget uforanderligt. Verden, som den oplevedes, kunne altid beskrives i modsætninger – at det som var sundt for den ene, var skadeligt for den anden, og at den samme ting på den måde kunne være både sund og skadelig. Alting var modsætninger og bevægelse, ja bevægelse og forandring var netop kun mulig via modsætninger. Himlen var både lys og mørk, ellers kunne der jo ikke ske forandring fra dag til nat. For Heraklit var urstoffet ikke vand eller luft, men *ild*. Ilden er knyttet til forandring og modsætninger. Ilden kan forandre vand til damp, der igen kan fortættes osv. Heraklit forsøgte altså at give en almen beskrivelse af den verden, han oplevede, en verden af modsætninger og konstant forandring, domineret af strid snarere end harmoni. Heraklit anlagde på den måde et dynamisk perspektiv, et perspektiv præget af processer og forandringer, snarere end af struktur. Alligevel havde Heraklit stadig fuld tillid til den menneskelige erkendelse. Han så forskning og sund fornuft som meget vigtige, ligesom han havde tillid til, at der rent faktisk eksisterede en objektiv verden, som man kunne få erkendelse om. Senere tænkere skulle sætte afgørende spørgsmål ved disse opfattelser, som Heraklit delte med de andre naturalistiske tænkere. De kaldes derfor til tider ukritiske eller naive naturalister. Deres problemstillinger handler om at beskrive og forklare fundamentale træk ved naturen: at noget opstår, at noget forandres, og at noget forgår.



## Sansernes og forstandens tvivlsomme brugbarhed

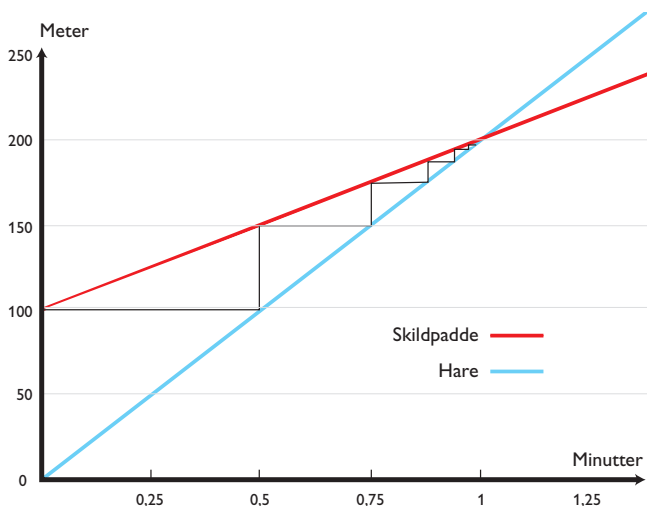
I de syditalienske byer Kroton og Elea opstod omkring 500 f.v.t. to filosofiske retninger, som fik stor betydning for senere tænkning og forskning. Den ene skole var grundlagt af Pythagoras (ca. 580-500 f.v.t.), den anden af Parmenides (ca. 515-450 f.v.t.). Pythagoras' skole var først og fremmest en matematisk skole – faktisk kommer selve betegnelsen “matematik” fra denne skole, som betegnelse for dens pensum. Parmenides' skole, hvis tilhængere kaldes eleaterne, undersøgte bl.a. logiske og meningsmæssige spørgsmål.

Eleaterne beskæftigede sig blandt andet med forholdet mellem sansindtryk og forstand. Når nogle mennesker sagde ting som “alting er vand” eller “der findes ikke noget, som ikke er vand”, udtalte de sig om forskelle og om ting, der ikke fandtes. Hvordan kunne man det? Ethvert udsagn om forskelle måtte nødvendigvis sige, at noget er til, mens noget andet ikke er til. Men ifølge Parmenides kunne man kun sige, at noget er til, og man kunne også kun sige om det, der ikke er til, at det netop ikke er til. For ham var det eksisterende en enhed, præget af manglen på forskelle. Ydermere kunne man ikke ved tænkning tage fejl, for så ville man f.eks. kunne sige om noget, der ikke var til, at det var til, hvilket var meningsløst, netop fordi det var umuligt at sige. Med andre ord var der ifølge Parmenides logiske begrænsninger knyttet til udforskningen af verden. Sansebaseret observation og erfaring var upålidelige kilder til erkendelse, og sproget var ikke i stand til at sige noget meningsfuldt om den verden, vi tilsyneladende lever i.

Parmenides' elev Zenon (f. ca. 490 f.v.t.) formulerede endda en række “paradokser”, der skulle vise, at den tilsyneladende verden ikke kunne være den virkelige. Paradokserne knyttede sig alle til bevægelse og problemer med at beskrive bevægelse på en logisk sammenhængende måde. Zenons antagelse var, at en beskrivelse af et bestemt fænomen i verden er en beskrivelse af en tilstand, og hvis man vil beskrive overgangen fra én tilstand til en anden, må den være et vist tidsrum. Man kunne f.eks. spørge, hvor lang tid det tog en hare at bevæge sig fra A til B, eller hvor lang tid det tog fra den startede til den nåede en hastighed på 10 km i timen. Men hvor lang tid det tog, fra den sidst stod stille, til den begyndte at bevæge sig, det kan man ikke spørge om. Eller rettere sagt kan man godt spørge, men der gives ikke noget svar. Zenon antog nu, at enhver bevægelse fra A til B måtte bestå af en række af tilstande, forstået på den måde, at der mellem tilstanden i A og tilstanden i B måtte være en række mellemliggende tilstande. Men enhver tilstand

er også en stilstand, for bevægelse tager tid, og Zenon mente, at en tilstand ikke indeholdt bevægelse. En situation uden forandring ville således være at forstå som en serie af tilstande, dvs. at man forstod et tidsrum som en serie af tidspunkter. Omvendt er det jo også klart, at et tidspunkt basalt set kun kan forstås som grænsen mellem to andre tidsrum, f.eks. fortiden, fremtiden og tidspunktet, hvor de mødes, nuet. Parmenides og Zenon konkluderede, at man ikke kan stole på erfaring og observation. For man så jo ting bevæge sig, man så jo forandring. Hvis man ville erkende den egentlige virkelighed, måtte man bruge tænkning og fornuft, altså logisk analyse.

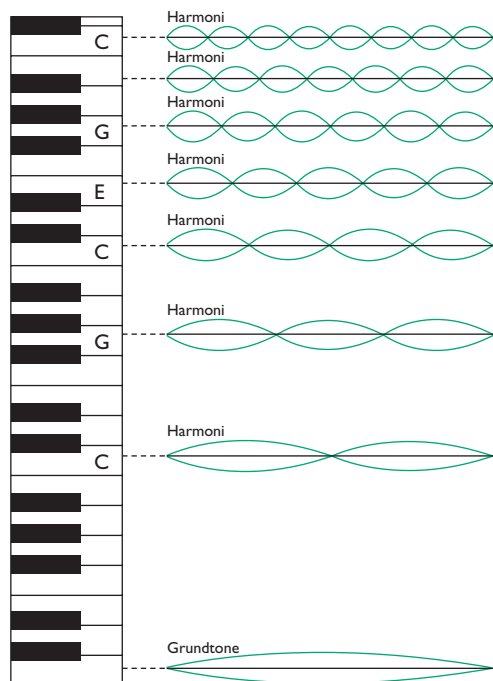
For Parmenides og Zenon var verden én og uforanderlig. Alt andet førte til logiske selvmodsigelser. For Pythagoras var verden for så vidt også én, men den var også to og tre og alle de andre tal. Pythagoras var født på Samos ved Lilleasiens kyst, men grundlagde en skole og et samfund i Syditalien. Vi kender ham først og fremmest fra den pythagoræiske læresætning, der siger noget om forholdet mellem siderne i en retvinklet trekant. Pythagoræerne undersøgte ikke blot geometriske fænomener, men også en lang række talteoretiske forhold. Men de gjorde det ved at studere konkrete strukturer i repræsentationer af talforhold, f.eks. ved at arrangere små sten i forskellige mønstre. For pythagoræerne, som for grækerne i almindelighed, var geometriske fænomener knyttet til figurer, og tal var knyttet til størrelse. Således var begge fænomener knyttet til noget, der kunne aflæses og erkendes direkte. En trekant var ikke det areal, som indesluttedes af tre



Zenon udtænkte i alt fire paradokser om problemer ved bevægelse og kontinuitet. I et af dem løber en hare og en skildpadder om kap. Skildpadden får et forspring for haren, og det betyder ifølge Zenon, at haren principielt aldrig vil kunne indhente skildpadden, da den blot at nå op på siden af den skal igennem et uendeligt antal mellemliggende tilstande. Senere tænkning mener dog at have løst "paradokset" ved at påpege, at disse mellemliggende tilstande er tidsperioder, som konvergerer mod nul, selvom hastigheden ikke gør det.

Sammenhængen mellem matematik og musikalske harmonier blev opdaget af Pythagoras, der fandt ud af, at man kunne danne forskellige harmonier på en lyre ved at placere fingeren på positioner, der svarer til brøker af grundtonen. Her ses harmonierne, som de svarer til tonerne på et klaver.

uendelige linjer, der skærer hinanden, og et tal var ikke en uendelig decimalbrøk. Et tal blev forstået som forholdet mellem to størrelser. Derudover opdagede pythagoræerne forskellige sammenhænge mellem harmoniske lydforhold og talforhold. Vi mindes om det, når vi definerer intervaller i musik ved hjælp af brøker, hvor en oktav er den tone, der fremkommer i forhold til en given tone afgivet af en streng, når strengens længde halveres.

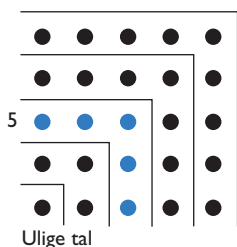


Pythagoræerne arbejdede også med et simpelt instrument bestående af en pind vinkelret placeret på en plan placeret i Solen – dvs. en slags solur. Pindens skygge beskriver i forhold til dagens og årets gang interessante bevægelser, der knytter kosmiske fænomener sammen med geometriske i planen. Grækerne brugte ikke dette instrument til i nutidig forstand at måle eller vise tiden, men til at studere samspillet mellem de matematiske forhold, som skyggen og pinden kunne fremvise på en flad projektion. De arbejdede også med et såkaldt gnomon, der var betegnelsen for differensen mellem to kvadrater, som vist her (det blå område).

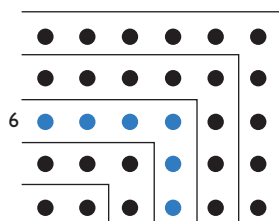


Et gnomon kunne repræsenteres med små sten eller regelmæssige punkter i et plan. Ved at se på f.eks. diagonalerne i sådanne figurer og på antallet af punkter i et gnomon, når firkannten vokser eller mindskes, kan man opdage mange talteoretiske sammenhænge. F.eks. kan man se, at kvadrattal er summen af ulige tal, altså at  $1+3+5+7 = 16 = 4^2$ , og at det vil gælde for alle kvadrattal, der bliver lagt op. Hvis man bruger de lige tal, bliver gnomonet aflangt, hvilket ifølge Pythagoras betyder, at de lige tal ikke er så perfekte og hellige som de ulige tal.

Pythagoræerne adskilte sig fra de naturalistiske filosoffer ved, at de sammenknyttede deres forskning med en religiøs verdensforståelse baseret på tal-



Ulige tal



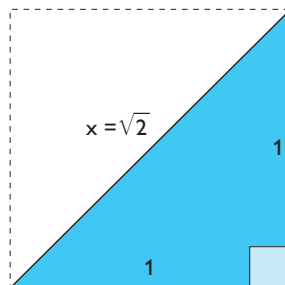
Lige tal

Pythagoras nåede langt med sine opdagelser i matematikken ved hjælp af gnomoner. Han brugte dem som grundenhed til at lave numeriske mønstre af forskellig størrelse. Han fandt blandt andet, at ulige tal altid fører til kvadratiske mønstre, og han kunne dermed føre et geometrisk bevis for formelen:  $1+3+5+ \dots + (2n-1) = n^2$ .

mystik, og ved at de ikke ønskede at leve som tænkere og forskere i et åbent samfund. I stedet isolerede de sig som medlemmer af et lukket, næsten klosteragtigt samfund. De anså tal for at være det grundlag, verden eksisterede på. De beskæftigede sig ikke med tal af praktiske hensyn, for at kunne føre regnskaber el.lign., men fordi de anså matematikken som vejen til den dybeste erkendelse. Det var ikke erfaringer, observationer eller eksperimenter, der kunne give indsigt eller viden, men derimod manipulation med symboler.

For pythagoræerne var tallene først og fremmest de hele tal. Disse tal var knyttet til størrelse, f.eks. længden af et linjestykke. To linjestykker stod i et bestemt forhold til hinanden, det vi ville repræsentere som en brøk. Brøker var forhold mellem hele tal. Et forhold mellem to brøker kunne derfor altid omformes til et forhold mellem hele tal. Et linjestykkes længde var i virkeligheden forholdet mellem linjestykket og et andet linjestykke med længden én. Det gav imidlertid pythagoræerne problemer med helt simple figurer. Vi kan f.eks. se på et kvadrat med siden 1 og forsøge at beregne længden af diagonalen. Ud fra Pythagoras' egen læresætning er længden kvadratroden af 2. Kaldes diagonalens længde for  $x$ , har vi  $1^2+1^2 = x^2$ .

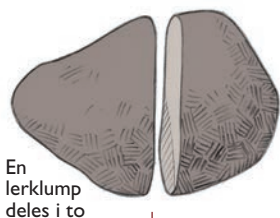
Det interessante er nu forholdet mellem diagonal og side,  $x$  og 1. Vi kalder tallet  $x$  for  $\sqrt{2}$  og ved, at det er et såkaldt irrationalt tal. Det vil sige, at det netop ikke kan udtrykkes som en brøk. Hvorfor nu ikke det? Lad os antage, at det kunne. Så ville der være et forhold  $x = \frac{n}{m}$ , som udtrykte det. Men Pythagoras' egen sætning ville så sige, at  $\frac{n^2}{m^2} = 2$ . Men det kan ikke være tilfældet, at både  $n$  og  $m$  er lige tal, for så ville vi kunne reducere brøken yderligere og netop opnå, at ikke både  $n$  og  $m$  var lige. Lad os derfor antage, at  $n$  er lige og  $m$  ulige. Så kan  $n$  skrives som 2 gange et helt tal  $p$ , og  $2p^2$  er så lig  $m^2$ , der derfor er lige. Men det strider jo imod antagelsen. Hvis vi så antager, at  $n$  er ulige og  $m$  lige, kan vi gennemføre et tilsvaren-



de argument. Ergo, ligegyldigt hvad vi antager, får vi en modstrid. Det er et såkaldt indirekte bevis for, at forholdet mellem siden i et kvadrat og diagonalen ikke kan udtrykkes ved en brøk. Pythagoræerne har muligvis indset, at der var forhold mellem linjestykker, der ikke kunne udtrykkes som forhold mellem hele tal, ved at betragte en regulær femkant. Når man tegner dens diagonaler, opstår en ny femkant i midten, i hvilken man kan tegne diagonalerne, og så videre i det uendelige. Forholdet mellem den første femkants side og dens diagonal er det samme som det tilsvarende forhold i den anden og i den tredje, fjerde, og igen videre i det uendelige. Men side og diagonal bliver hele tiden mindre og mindre, de nærmer sig nul. Forholdet bliver altså også nul, troede pythagoræerne. Det ville sige, at det ikke eksisterede og egentlig skulle udtrykkes som  $\frac{0}{0}$ , hvilket er meningsløst. For pythagoræerne var denne opdagelse katastrofal, for den viste, at ikke alt i verden kunne udtrykkes ved hjælp af tal. Hvis vi i dag skal udtrykke tallet  $\sqrt{2}$ , så må vi bruge en uendelig decimal-brøk. Det er netop et tal, som aldrig kan skrives helt ud.

Matematik, geometri og regnekunst havde udviklet sig fra at være en hjælpedisciplin, der kunne løse praktiske problemer, som man ser det hos babyloniere og egypterne, til også at omfatte undersøgelser af abstrakte egenskaber hos tal og figurer. Man kunne ikke bare løse forhåndenværende problemer, men havde også forestillinger om, at påstande kunne bevises. I et bevis gør man nogle antagelser, som virker rimelige, og ud fra disse begrunder man trin for trin igennem logisk slutning den påstand, man vil bevise. Det er en aktivitet baseret på argumenter. De naturalistiske filosoffer ville også argumentere. De havde alle matematisk kunnen og indsigt. Men de ville mere end matematik, de ville udvikle teorier om de observerede naturfænomener. Hurtigt begyndte der at foreligge meget forskelligartede bud på, hvordan naturfænomener skulle forklares. Dermed var der også skabt grobund for, at man begyndte at tage selve det at udtale sig om verdens indretning op til overvejelse. Hvordan opnår man erkendelse, og hvad kan man overhovedet sige meningsfuldt? Heraklit gav ét bud på verdens væsen, Parmenides og Zenon et helt andet, og sidstnævnte hævdede endda, at man slet ikke kunne stole på sine sanser. Pythagoræerne anså alene den rene tænkning – ren fordi den var ubesmittet af sanserne – for en kilde til erkendelse.





En  
lerklump  
deles i to



Den  
deles  
igen



Og  
igen



Og  
igen



Og  
igen



Og  
igen



Det atomistiske verdensbillede, som blandt andre Demokrit og Leukippos forestillede sig det. Alt var opbygget af atomer, og fysiske genstande var således ikke delelige i det uendelige. Blev man ved at dele, ville man til sidst komme til materiens faste kerne: atomerne.

## Atomer og det tomme rum

I årene op imod 400 f.v.t. opstod der en række nye teorier om verdens indretning og forskningens karakter. En af de vigtigste var den atomistiske teori. Den var et forsøg på at løse modsætningen imellem Parmenides' beskrivelse af verden som uforanderlig og Heraklits beskrivelse af verdens konstante forandring og strid. Leukippos (5. årh. f.v.t.) og hans elev Demokrit (ca. 460-400 f.v.t.) fremsatte den teori, at naturen bestod af små faste kornkuler, atomer, der var uforanderlige og udelelige. Alt, hvad der fandtes, var opbygget af atomer i forskellige konfigurationer, og al forandring bestod i, at atomer, der selv var uforanderlige, forandrede deres konfigurationer. Også mennesket bestod af atomer, og erkendelse og tænkning var i virkeligheden atomare processer. Fysiske genstande – for ikke at tale om matematiske – var således ikke delelige i det uendelige. Man ville altid komme til et punkt, hvor man ikke længere kunne dele.

Så man f.eks. på en dråbe vand, kunne man tro, at den kunne gøres vilkårligt lille, hvis man blev ved at reducere den. Men atomisterne hævdede, at der ville komme et punkt, hvor materien hang sådan sammen, at ikke nogen fysisk påvirkning overhovedet kunne skrælle eller skalle noget af. Det var atomerne. De hævdede også eksistensen af noget ganske mærkværdigt: det tomme rum. Uden det tomme rum havde atomerne jo ikke noget at bevæge sig i. Men det tomme rum kunne forekomme at være ingenting, og det havde Parmenides netop sagt ikke fandtes, for kun det værende er til, og det ikke-værende er netop ikke til. Men Leukippos og Demokrit hævdede, at det tomme rum – ingenting – faktisk fandtes.

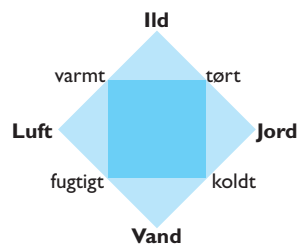
Demokrit grundlagde en skole i sin fødeby Abdera, hvor han og hans elever, atomisterne, forsøgte at give en sammenhængende materialistisk teori for både naturfænomener og menneskelige psykologiske fænome-

ner. De opfattede alle fænomener som knyttet til atomernes sammensætning og adskillelse. Atomernes antal er uendeligt, ligesom det tomme rum er det. Verden er altså ikke endelig, men uendelig. Menneskets sansning og erkendelse af verden er også i sig selv en atomar proces. Nogle træk ved erkendelse og sansning skyldes alene atomerne fra de sansede genstande, der påvirker atomerne i menneskets erkende- og sanseapparat. Nogle egenskaber, som vi erkender, er altså objektive, og andre er knyttet til egenskaber ved vores sanseapparat, det vil sige, at de er subjektive. Det er en distinktion, som senere skal vise sig meget væsentlig.

Et vigtigt træk ved atomisternes teori er også, at den for første gang klart formulerer, at vi både kan vide noget om, hvordan verden fremtræder for vores sanser, og om den bagvedliggende virkelighed, som vi kun kan tænke os til. Vi ser, hvordan nogle væsentlige træk ved verden er, og vi kan forklare dem ved en eller flere hypoteser, der involverer elementer, som vi ikke kan se. Atomerne kan ikke ses, men det er via dem, vi ser.

To andre tænkere forholder sig også til de problemer, som Heraklit og Parmenides rejste om verdens foranderlighed eller uforanderlighed. Den sicilianske græker Empedokles (ca. 490-430 f.v.t.) fremsatte en teori om, at alting består af fire elementer i forskellige blandingsforhold. Det var en art første grundstof-teori, der helt op til 1700-tallet havde stor indflydelse.

Empedokles hævdede også, at disse elementer blandedes og adskiltes som følge af bestemte kræfter imellem dem, kræfter som lignede menneskelige følelser som tiltrækning og frastødning. Der var altså i verden både stof – fire forskellige slags – og kræfter mellem stoffet. En noget anden verdensopfattelse blev nogenlunde samtidig fremsat af Anaxagoras (500-428 f.v.t.) fra Athen. Han fremsatte en opfattelse af stoffet, der var direkte i modstrid med atomisternes og Empedokles' opfattelser, idet han hævdede, at alting var deleligt uendeligt, og at der i al ting var en del af alt andet. Han mente heller ikke, at verden var styret af mekaniske love, men snarere af en art åndelig formålsrettethed, en form for kosmisk fornuft.



Empedokles' fire elementer var ild, vand, jord og luft. Hvert element har nogle delte egenskaber: luft er primært varmt, men også fugtig, vand er fugtig, men også kold, jord er kold, men også tør, ild er tør, men også varmt. Til hvert element knyttede Empedokles en legemsvæske, hvis harmoni eller disharmoni indvirkede på menneskets psykologiske temperamenter. I Aristoteles' fortolkning har man også et femte element, "æteren" eller "kvintessensen", som kun findes uden for Jorden i de himmelske sfærer.

Historikeren Herodot (ca. 480-420 f.v.t.) brugte betegnelsen *historia* om sit arbejde, og ordet betyder noget i retning af undersøgelse eller forskning. For os betyder det verdens gang og beretninger om den. Naturhistorie er således undersøgelser af naturen. Naturen kaldte grækerne for *physis*, deraf fysik som en naturvidenskabelig gren. *Physis* kunne måske også oversættes med “stof” eller “materie”, dvs. det som vi mener, naturen består af. Historikeren Thukydid (ca. 460-400 f.v.t.) ville forklare de begivenheder, han fortalte om, ud fra antagelser om menneskets natur, dets væsen. På samme måde som naturfilosofferne ville forklare den af mennesket oplevede verden. Men menneskets verden var en anden end naturens. Den var præget af regler, som mennesket selv vedtog. Naturen, *physis*, var også styret af regler – det, vi i dag kalder naturlove.

Samspillet mellem menneske og natur kom således i centrum omkring 400 f.v.t. Naturen var interessant, for så vidt den kunne afgive normer eller principper for menneskenes omgang med hinanden og for samfundets indretning. I sig selv gled den som genstand for *historia* noget i baggrunden. Matematikken blomstrede fortsat, men netop som en abstrakt disciplin. Demokrit havde allerede påpeget det subjektive ved megen erkendelse. Hvad der for den ene er varmt, er for den anden koldt. Den samme balje vand kan endda føles varm med den ene hånd og kold med den anden, hvis man forinden har nedsænket den ene hånd i koldt vand og den anden i varmt. Demokrit åbnede således ligesom Parmenides op for et skeptisk syn på menneskets mulighed for erkendelse af en objektiv virkelighed – i hvert fald gennem sanserne. Sofisterne udnyttede dette ved at tilbagevise skepticiseringen og hævde, at der slet ikke fandtes en objektiv, naturlig virkelighed at erkende. Al erkendelse var knyttet til mennesket.

Heraklit havde hævdet, at alle ting indeholdt modsætninger. Man kunne sige om en ting, at den både var varm og kold. Samtidig var det klart, at man ved at observere naturen sagtens kunne begrunde sådanne udsagn. Konklusionen blev for mange tænkere, at observation ikke var en sikker kilde til erkendelser om naturen. Det endte tit med et skeptisk standpunkt. Man måtte *tænke* sig til, hvordan naturen var. Næste spørgsmål blev så, om tænkningen var et pålideligt værktøj – eller kunne det tænkes, at man f.eks. var fanget i sproget? Hvis naturerkendelsen ikke længere hvilede på direkte observation af naturen, havde det så ikke vist sig, at man var “fandet” i menneskenes traditioner, i samfundets normer og konventioner? Og var det så ikke sådan, at

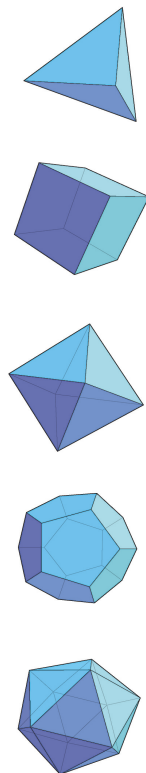
menneskenes indretning af samfundet var den mest velegnede genstand for erkendelse, snarere end naturen? Naturalismen var omkring år 400 f.v.t. således kommet til et vendepunkt. Sokrates (469-399 f.v.t.), Platon (427-347 f.v.t.) og Aristoteles (384-322 f.v.t.) gav hver deres svar på skepticisomens spørgsmål.

## De platoniske sfærer

Demokrit havde fremlagt en radikal teori, der fraskrev universet enhver formålmæssig orden. Atomerne bevægede sig efter deres egne love, alene under indflydelse af de kræfter, der var imellem dem. Det gav ikke plads til hverken skæbne eller mening i tilværelsen. Platon fremlagde både en erkendelsesteori og en opfattelse af verdens indretning, der tilbageviste Demokrit.

I dialogen *Timaios* beskriver Platon verden som en ordenet og frembragt genstand. En skaber, "håndværker", har skabt verden og nedlagt en række fornuftsprincipper i den. Konkret består verden af en række sfærer, der hver for sig har form som regulære polyedre – de såkaldte platoniske legemer. Denne model for verden forblev frem til renæssancen utroligt indflydelsesrig, blandt andet fordi *Timaios* var den eneste af Platons dialoger, som i dette tidsrum var alment kendt. For Platon var matematisk, i praksis geometrisk, harmoni altafgørende. Jorden måtte være cirkelrund, universet måtte være opbygget af legemer, der med konstant hastighed bevægede sig i cirkelbaner.

Platon bekymrede sig ikke om at observere, men dannede sine teorier på baggrund af antagelser om verdens og tilværelsens væsen. Geometrien blev anset for at være den mest fundamentale videnskab, blandt andet fordi den tillod logisk slutning ud fra simple og selvindlysende aksiomer. For Platon var geometrien eksempel på sand erkendelse. Man kunne via repræsentationer af de geometriske genstande, f.eks. tegninger, opnå erkendelse om de egent-



De Platoniske legemer er symmetrisk perfekte polyedre, som har identiske overflader, der møder hinanden i samme vinkel. Der findes kun fem måder at gøre det på i et tredimensionalt rum. Platon beskrev dem i dialogen *Timaios*, og Euklid beviste i sit værk *Elementerne*, at der var præcis fem. Grækerne navngav legemerne efter antallet af sider. Den mindste er det 4-sidede tetraeder (pyramiden), derefter kommer det 6-sidede hexaeder (terningen), det 8-sidede oktaeder, det 12-sidede dodekaeder og det 20-sidede ikosaeder. Ifølge Platon repræsenterede legemerne de fire jordiske grundelementer ild, jord, luft og vand samt universet selv.

lige geometriske genstande, som var evige og foranderlige størrelser i en abstrakt verden. Erkendelse var således ikke erkendelse af sansernes verden, men af en anden verden, kun tilgængelig for ånden. De praktiske værktøjer til at undersøge denne verden med var sproget og fornuften. Analysen og argumentet var for Platon vejen frem.

Man ser i dialogen *Staten*, hvordan Platon vurderer værdien af de forskellige former for geometri. Disciplinerne kan have praktisk anvendelse, først og fremmest inden for krigsførelse, men deres væsentligste funktion er at bidrage til en persons åndelige udvikling, til vedkommendes dannelse. Derfor var Platon også voldsomt kritisk over for enhver form for retorik, der forsøgte at påvirke med andre midler end den strengt logiske argumentation. I dialogerne *Gorgias* og *Faidon* angriber han kraftigt de lærere og filosoffer, der forsøger at opnå resultater ved hjælp af charme og overtalelse, det vil sige midler, som udnytter menneskers følelser og fordomme. Platon var formentlig ikke selv nogen stor videnskabsmand, men knyttede i sit akademi flere fremragende forskere til sig. Platons mest berømte elev og medarbejder, der skulle føre videnskab og tænkning langt videre, var Aristoteles. Ligesom Platon formulerede også Aristoteles en række dogmer, der skulle dominere tænkningen i århundreder frem.

## Aristoteles og de athenske akademier

Aristoteles oprettede en skole, *Lyceum*, i Athen, der nok må betegnes som verdens første forskningsinstitution. Her arbejdede man ikke kun med matematik og filosofi, men også bl.a. med fysiske, biologiske og astronomiske problemstillinger. Derudover foregik der forskning inden for en helt ny disciplin, nemlig logikken.

Aristoteles præsenterede som den første et sæt af regler for korrekt tænkning. Han behandlede en lang række problemer knyttet til hvilke begreber, der overhovedet findes, hvilke udsagn man kan forme, og hvordan man kan sammensætte dem til korrekte logiske slutninger. Endvidere fremlagde han som den første et eksplicit syn på, hvad videnskab er, han behandlede problemstillinger knyttet til praktisk argumentation i dagligdagen, og han udtænkte en teori om talen, en retorik.

Central for hans logik er læren om syllogismene, der er en særlig form for deduktiv slutning, hvor man ud fra en eller flere præmisser slutter til



Sokrates er et menneske

Alle mennesker er **dødelige**Sokrates er **dødelig**

en konklusion, og hvor der gælder det forhold, at konklusionen er indeholdt i præmisserne. Kernen i Aristoteles' videnskabsteori er en opfattelse af, at videnskabelige udsagn udtrykker forskellige former og grader af abstraktion. Nederst i abstraktionshierarkiet finder vi naturerkendelsen, fysikken, der beskæftiger sig med de materielle fænomener i deres afhængighed af form. Dernæst følger et abstraktionstrin, der alene beskæftiger sig med form forstået som geometrisk form og med kvantitet i stedet for kvalitet – det er matematikkens område. Endelig er der en abstrakt erkendelse, der beskæftiger sig med selve de begreber, vi benytter til at erkende med – det er metafysikken. For Platon var naturen som sådan geometrisk, og dermed var idealet for en naturerkendelse af geometrisk art.

For Aristoteles er naturerkendelsen hverken geometrisk eller overhovedet matematisk. Derimod beskriver fysik og matematik den samme verden – der er blot tale om forskellige abstraktionsniveauer. Det er en fundamental anderledes opfattelse end Platons, hvor geometrien bruges til at beskrive en verden, der er væsensforskellig fra den, man har kontakt med via sanserne.

Ifølge Aristoteles bygger alle videnskaber på to typer udsagn. Dels udsagn, der ikke kan bevises, f.eks. aksiomer, hypoteser, definitioner og postulat, og dels udsagn, der godt kan bevises. Beviserne foregår som logiske slutninger, deraf Aristoteles' interesse for logiske slutninger, syllogismer. De ikke-beviste udsagns sandhed må bero på iagttagelse og observation, samt i visse tilfælde på selvindlysende sandheder. Videnskaben arbejder således i et samspil mellem iagttagelser og udledninger, dvs. mellem observation og deduktion. Denne sammenhæng er for Aristoteles en sammenhæng mellem generalisering, begrebsdannelse og logisk deduktion. Når Aristoteles skal forklare et naturfænomen, søger han derfor en årsagsforklaring. Aristoteles' forståelse af "årsag" er imidlertid bredere end vores gængse, idet han arbejder med fire typer af årsager (se også s. 62). For eksempel: en plante består af et stof – det er den materielle årsag. Den har en form, der gør den til den art, den nu engang er – det er den formelle årsag. Den har en "årsag", f.eks. det frø den er opstået af – det er den virkende eller frembringende årsag. Endelig er en plante også til stede med et bestemt formål, f.eks. at være

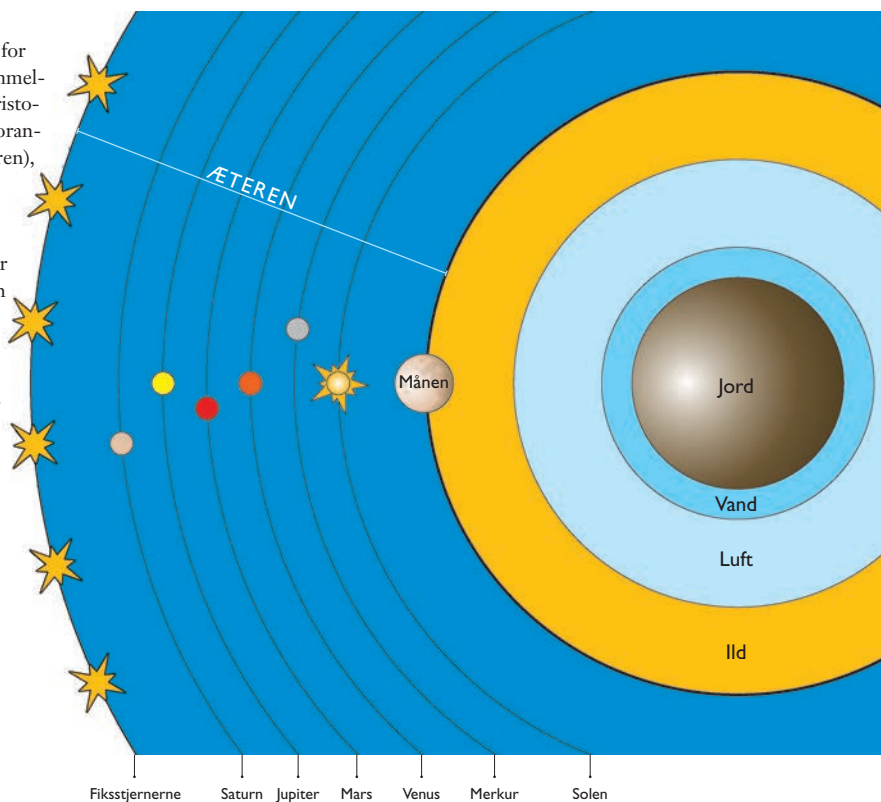
føde for mennesker eller skabe skygge, og for Aristoteles er dét måske endda det vigtigste i beskrivelsen – formålet er også en årsag.

Aristoteles' opfattelse af naturen er på den måde ikke mekanisk som atomisternes. Den er teleologisk. Naturen har indbyggede formål, og det må med i beskrivelsen af den. Samtidig er naturen netop det, som ikke kan være anderledes. Aristoteles sondrer mellem på den ene side ting frembragt af mennesker, der godt kunne være anderledes, som f.eks. huse, og på den anden side naturgenstande, som f.eks. kålhoveder. Visse træk ved det frembragte kan ikke være anderledes, f.eks. at vinkelsummen i den trekant, der udgør husets gavl, er 180 grader. Andre ting kan være anderledes. De teoretiske videnskaber – fysik, matematik og metafysik – undersøger netop det, der ikke kan være anderledes.

For Platon er naturen, faktisk hele verden, frembragt som et kunst- eller håndværksprodukt. Det er derfor, der er klare sammenhænge mellem naturen, den menneskelige erkendelse af den og menneskets naturlige og rigtige måde at leve og være på. Naturerkendelsen har et moralsk formål hos Platon. Dette falder hos Aristoteles bort og erstattes af forestillingen om teoretisk erkendelse som et mål i sig selv. Dog arbejder de begge med en forestilling om, at der findes en naturlig tilstand for naturen, og at visse andre tilstande er afvigelse. Det ideale eller naturlige er f.eks. cirkelbaner, ligesom hvile er mere naturligt end bevægelse, bl.a. fordi ting, der bevæger sig, naturligt falder til ro og ligger stille. Aristoteles arbejder ligesom Platon også med de fire elementer. Hvor de hos Platon indgår i relationer, der minder om talrelationer, er de for Aristoteles involverede i bevægelse og forandring. Da Aristoteles – igen ligesom Platon – er helt sikker på, at Jorden er det ubevægelige centrum i et univers, der består af Solen, Månen, planeterne og stjernerne, der alle bevæger sig i koncentriske cirkler, har han også brug for en cirkelbevægelse. Den er knyttet til "æteren", der dermed bliver det femte element – kaldet kvintessensen.

Æterens naturlige bevægelse er cirkulær. Jord og vands naturlige bevægelse er nedad – ned imod universets centrum, dvs. Jordens midte – fordi de styrer mod deres naturlige sted. Luft og ild styrer derimod naturligt opad. At et pendul holder op med at svinge, er naturligt, og at en sten falder til jorden, er også naturligt. Hvile og nærhed til universets centrum er naturligt for en sten, hvad enten den hænger i et pendul, eller den falder af sig selv.

Aristoteles' model for universet. Den himmelske sfære er hos Aristoteles en evig og uforanderlig verden (æteren), hvor stjernerne er fikserede i deres sfære, og hvor planeterne bevæger sig omkring Jorden i faste baner. Der gjaldt således ét sæt regler i den jordiske sfære, dvs. den sublunare sfære, og et andet sæt evige regler i den himmelske.



Aristoteles lagde vægt på observation og sansning som udgangspunkt for erkendelse. Ud fra observationens resultater kunne man så foretage logiske slutninger for at nå til yderligere erkendelse. Han ville skabe et begrebsapparat, som kunne redegøre for almindelige erfaringer. Men han ville også skabe udgangspunkt for løsning af de problemer, som naturalister, atomister og Platon havde arbejdet med. Forandring var således et centralt fænomen for ham. I forandring sås både ændring og konstans. Ting kunne opstå og forgå, ligesom ting kunne ændres uden at opstå eller forgå. En mand kunne tage på i vægt og blive fed. Det betød ikke, at manden forandrede på en sådan måde, at han ikke længere eksisterede. Peter og fede-Peter er samme Peter, den ene bare tynd, den anden fed. Men koppen, der går i stykker, er ikke længere en kop, den er blevet til en samling skår. Hvert enkelt skår er kommet til, og koppen er forgået. Aristoteles ville sondre mellem de egenskaber, som er nødvendige for, at noget er det, det er, og de egenskaber, som noget kan miste eller få uden "essentielt" at forandres. Koppen er en konkret genstand, og den har en række egenskaber, som gør den til det, den

er. Den kan være rund eller kantet eller ensfarvet eller prikket, det er ikke essentielt. Det essentielle er derimod det centrale uforanderlige, det som enten er eller ikke er. Koppen, der går i stykker, mister sin essens og holder dermed op med at være kop. Som kop er den delt i stof og form, hvor dens status som kop netop afhænger af dens form. For Aristoteles er erkendelse og videnskab knyttet til beskrivelse af tingenes essens, og til opdeling af dem efter form og essens. Samtidig kan man forklare, hvorfor tingene er, som de er, ud fra deres sammenhæng og formål i naturen. Arter, essenser og formål er de centrale aristoteliske begreber.

## Passer og lineal

Platons akademi og Aristoteles' forskningsinstitution var de første forsøg på at organisere grupper af personer, der igennem diskussion og fælles arbejde producerede viden. De lå begge i Athen og var naturligt afhængige af byens muligheder og kultur. Efter Aristoteles' tid opstod to store videnscentre. Det ene var Museion (heraf "museum": viet til muserne) i Alexandria, der blev en forskningsinstitution med centrum i et gigantisk bibliotek – måske det største i antikken. Alexandria var på det tidspunkt en storby med ca. en halv million indbyggere, og det anslås, at man rådede over 5-700.000 bøger i form af papyrusruller. Det var formentlig næsten den totale produktion af viden, som antikken havde formået at frembringe.

En anden storby i antikken var Syrakus på Sicilien, der var af samme størrelse. I disse to byer samt senere i Rom levede eller virkede forskere, hvis resultater øvede indflydelse hundredvis af år frem, og hvoraf nogle står uantastede endnu i dag. Det var først og fremmest inden for felter som matematik, astronomi, geografi og medicin, at det skete. Men også fysik og teknik blev udforsket. De vigtigste forskere var Euklid (ca. 300 f.v.t.), Arkimedes (287-212 f.v.t.), Eratosthenes (ca. 276-194 f.v.t.), Hipparkos (ca. 190-120 f.v.t.), Heron (1. årh. e.v.t.) og Ptolemaios (ca. 100-170 e.v.t.). Disse forskere samlede og syntetiserede en lang række vidensområder og leverede baggrunden for forskning og tænkning i de næste mange århundreder. Euklid skabte med *Elementerne* en syntese af en stor del af den græske matematik, ligesom Ptolemaios med sin *Almagest* (der oprindeligt blev benævnt *He megiste syntaxis*, dvs. "den største skrift") skabte en syntese af den græske astronomi.

Det vigtigste element i denne videnskabelige tradition var arbejdet med at udvikle matematikken, især for at kunne anvende den til naturbeskrivelse. Denne forståelse af matematikken kom til at udgøre et vidensideal og for så vidt også et dannelsesideal fremover. Det var ikke først og fremmest en ide om forskning baseret på eksperimenter. Ideallet var snarere deduktion. Det vil sige, at man tog Aristoteles' forestilling om opbygningen af en videnskab alvorligt. Det bedste eksempel er Euklids *Elementerne*, som faktisk blev brugt i geometriundervisningen helt op i det 20. århundrede. Det er et værk i tretten bøger, der behandler geometri, læren om proportioner, en del talteori samt rumgeometri. En matematisk teori er her bygget op omkring helt grundlæggende definitioner, f.eks. om punkter, linjer og flader. Et punkt er således "det, som ikke har nogen del", og parallelle linjer defineres som linjer, der, uanset hvor meget de forlænges i samme plan, aldrig mødes. Ud over definitioner arbejder Euklid med aksiomer og postulater. Aksiomer er almene principper gældende for flere vidensområder, f.eks. både for tal, linjestykker og



Romersk inskription om Tiberius Claudius Babillus (1. årh. e.v.t.), som bekræfter, at biblioteket i Alexandria må have eksisteret i det første århundrede e.v.t.

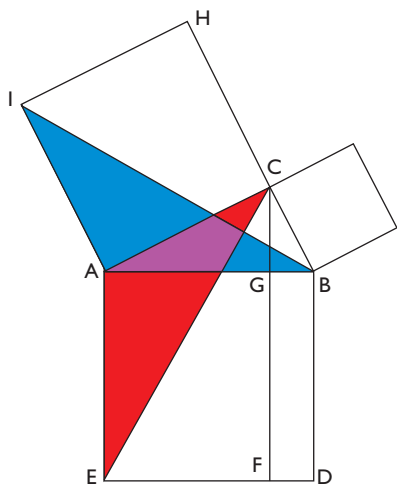


Her ses interiør fra biblioteket i Alexandria, som tegneren O. von Corven forestillede sig det · Oak Knoll Press.



arealer. Postulaterne er derimod specifikke for et vidensområde – man kan nærmest sige, at postulaterne definerer vidensområdet.

Euklid arbejder med fem postulater for geometrien og tillader kun to hjælpemidler ved udførelsen af geometriske konstruktioner: passer og lineal. Hans postulater siger af samme grund noget om, hvad man kan med passer og lineal. De to første siger, at man med en lineal kun kan forbinde to punkter med én linje, og at man med linealen kan forlænge en given linje vilkårligt langt. Det tredje siger, at med en passer kan man tegne en cirkel med en vilkårlig radius og centrum i ethvert punkt. Endvidere må Euklid have et vinkelbegreb, og han siger i sit fjerde postulat, at alle rette vinkler er ens. Den rette vinkel er Euklids standard. Det femte postulat er mere kompliceret og siger, at hvis man har to rette linjer, der skæres af en tredje på en sådan



Euklids bevis af Pythagoras' berømte sætning fra bog 1 i *Elementerne*. Vi starter med den retvinklede trekant ABC. Dernæst konstrueres tre kvadrater på hver af trekantens sider. Fra C tegnes en linje ned til F, parallelt med BD, og der tegnes en linje mellem IB og EC. Trekanten ACE er kongruent med trekanten AIB, fordi  $AC=AI$  og  $AE=AB$  og vinklen  $CAE =$  vinklen  $IAB$ . Arealet for trekanten AIB er halvdelen af arealet for kvadratet AIHC, idet de har samme base AI og højden IH (en af Euklids definitioner), og arealet for trekanten ACE er lig halvdelen af arealet af rektanglen AGFE. Derfor må kvadratet ACHI have samme areal som rektanglen AGFE. På samme måde kan man vise, at det mindste kvadrat har samme størrelse som rektanglen GBDF. Ergo må arealet af det største kvadrat være lig summen af arealerne af de to mindre kvadrater.

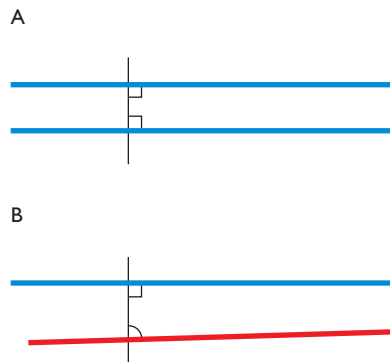
måde, at de indre vinkler ved skæringen tilsammen er mindre end to rette, så vil linjerne på den side, hvor dette er tilfældet, mødes, hvis de forlænges tilstrækkeligt. Lidt uoverskueligt. Det svarer til en situation med to jernbaneskiner og en svelle. Hvis summen af de to vinkler, som skinnerne laver med svellen, er mindre end 180 grader, så vil skinnerne på et tidspunkt krydse hinanden. Dette sidste postulat er altid blevet meget diskuteret.

Som vi skal se i kapitel fire, bliver dette senere opgivet, i den forstand at man opdager, at man godt kan lave geometrier, som ikke indeholder dette postulat. Euklid opbygger nu sin videnskab deduktivt. Det vil sige at han fremfører en række påstande, kaldet teoremer, der derefter bevises ud fra logiske slutninger, som alene baserer sig på definitioner, aksiomer og postulater, samt selvfølgelig andre teoremer, der allerede er beviste. Euklid benytter i

sine slutninger en anden logik end den, Aristoteles havde formuleret, der havde syllogismer som den vigtigste slutningsform. Euklid anvender slutninger, som i samtiden var formuleret af stoiske logikere, såsom “hvis A så B – A ergo B” og “hvis A så B – ikke-B ergo ikke-A” samt “A eller B – ikke-A ergo B”. Det er logiske slutningsformer, hvis gyldighed vi i dag anser for helt fundamental, og som netop finder deres klareste anvendelse i matematiske beviser.

Euklid fremstiller konstruktioner og beviser, men han fortæller ikke, hvordan han har fundet frem til disse konstruktioner og beviser. Det er alene løsningen, der fremlægges, ikke løsningsprocessen. Det gør selvfølgelig, at hans værk bliver svært tilgængeligt, og at det kun har mening som “forskningsredskab”, hvis det fungerer i en levende sammenhæng, hvor nogen kan forklare hvordan og hvorfor, man gør, som man gør. Man sondrer således mellem analysen af et problem, som fører frem til dets løsning, og syntesen, der består i at bevise, at den foreslåede løsning faktisk også er en løsning. Analysen har en hypotetisk karakter: hvis sådan og sådan er givet, og vi skal nå frem til det og det, så kan man gøre sådan og sådan. Altså et forslag til en løsning. Beviset går så at sige den modsatte vej – her har man en løsning, og det skal så bevises, at der rent faktisk er tale om en gyldig løsning. Hvis vi f.eks. har tre linjestykker, hvor summen af længderne af de to altid er større end det tredje, så kan vi konstruere en trekant ud af dem. Men hvordan? Vi starter med et af linjestykkerne og tegner cirkler med de andre som radius fra det givne stykkes endepunkter. Det tredje punkt i den ønskede trekant – hvoraf der kan være flere – er så der, hvor cirklerne mødes. Det er analyse. Beviset er nu at indse, at den således frembragte løsning også faktisk er den netop søgte trekant. Det sker ved deduktion, altså logisk slutning, ud fra det givne.

Euklid skaber med sit logiske system orden i matematikken. Geometrien bliver fremstillet som et aksiomatisk system. På en måde sluttede den græske videnskab med at sige, at netop sådan skal enhver teori være opbyg-



Skinnerne i A er parallelle, dvs. de to vinkler mellem skinnerne og svellen er præcis 180 grader. I B derimod er vinkelsummen mindre end 180 grader. Derfor vil skinnerne mødes et sted uden for bogens side, hvis man forlænger dem. Det virker umiddelbart som en selvfølgelighed. Men faktisk er det muligt at tænke en geometri, hvor dette ikke gælder, som vi vil se i kapitel fire (s. 163).

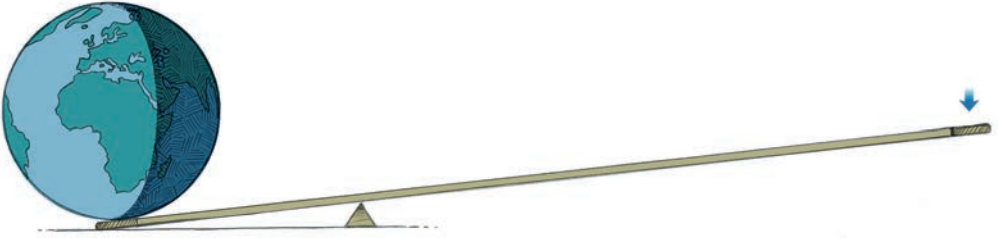
get for overhovedet at være en respektabel videnskab. Euklids *Elementerne* blev indbegrebet af klar og konsistent tænkning, et ideal for videnskaben og som sådan et dannelsesideal.

## Heureka for tankeeksperimentets sejr

Senere forskere forsøgte at anvende Euklids model for videnskaben på andre områder. Modellen var på mange måder en realisering af Aristoteles' ønsker for god videnskab, selvom der ikke var tale om den klassifikation af naturobjekter, han havde lagt op til. Arkimedes arbejdede med statikken, først og fremmest med problemer knyttet til begrebet "tyngdepunkt", og med hydrostatikken, hvor han formulerede den kendte arkimediske sætning om, at et legeme nedsænket i vand taber lige så meget i vægt, som vægten af det vand, den fortrænger. Arkimedes forsøgte som en af de første at fremstille en fysisk teori via opbygning af en matematisk model. Et væsentligt træk ved dette er, at man foretager visse idealiseringer for et få et problem til at fremtræde simplere og mere klart.

Et eksempel er hans vægtstang. Arkimedes er kendt for at have sagt, at hvis man blot gav ham et fast punkt, kunne han løfte hele Jorden. Hvis han havde dét samt en gigantisk vægtstang, ville han med blot sin egen vægt og en tilpas lang afstand til punktet kunne løfte en genstand af en hvilken som helst vægt. Ønsker man at bevise dette, må man tænke sig en model, hvor vægtstangen i sig selv intet vejer, og hvor den er helt ubøjelig. Sådanne vægtstænger findes ikke, men via antagelsen om dem kan man skabe en abstrakt model, man kan ræsonnere over. Det er klart, at løsningen også bliver ideel, dvs. at hvis man i praksis vil finde et balancepunkt, bliver man nødt til at tage hensyn til f.eks. vægtstangens egen vægt. Ikke desto mindre er Arkimedes' metode helt afgørende for muligheden for at koble matematiske ræsonnementer på praktiske problemer.

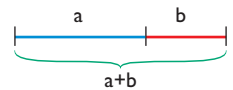
I perioden fra Platon og Aristoteles og frem til antikkens afblomstring gør matematik og astronomi også en lang række afgørende opdagelser og nyskabelser. Matematikeren Eudoxos (ca. 391-338 f.v.t.), der var tilknyttet Platons akademi, formulerede en teori om proportioner, der kunne anvendes på både tal og geometriske figurer. Netop disse to former for matematiske genstande havde Aristoteles understreget, at man skulle holde ude fra hinanden – de blev erfaringsmæssigt anset for inkommensurable størrelser. Eudoxos



Arkimedes' vægtstangsprincip.

undgik konsekvent at anvende begreber om det uendeligt lille eller uendeligt store, og han udviklede en teori om proportioner, som overvandt forskellige problemer med de irrationale tal, som jo ikke kunne skrives på en endelig form, ved i stedet tale om forholdet mellem linjestykker. Eudoxos' teori om proportioner udgør formentlig femte bog i Euklids *Elementerne*, og var helt frem til midten af 1600-tallet en afgørende teori om matematiske sammenhænge, og den bidrog væsentligt til definitionen af reelle tal i 1900-tallet.

Eudoxos' arbejde var et led i matematikkens geometrisering, idet proportioner i stigende grad blev forstået som relationer mellem figurer snarere end som forhold mellem tal. Eudoxos fremlagde også en ny metode til bestemmelse af areal og rumfang for figurer og legemer, kaldet exhaustions-metoden. Den går ud på, at man systematisk opdeler figuren eller legemet i mindre og mindre stykker og dernæst ser på hvilket resultat, man så nærmer sig. Man kan med denne metode, som også Arkimedes benyttede, opnå gode resultater – resultater, som man siden hen kun kunne opnå med den såkaldte infinitesimalregning. Matematisk erkendelse udtrykkes altså som erkendelse om proportioner, om forhold imellem almene størrelser, og den repræsenteres først og fremmest geometrisk.



$a+b$  er til  $a$  som  $a$  er til  $b$

Ved at undgå irrationale tal og i stedet tale om forholdet mellem linjestykker bidrog Eudoxos væsentligt til geometriseringen af den græske matematik. F.eks. bad han sine venner om at markere det punkt på en linje, som de syntes gav den mest æstetiske deling. De fleste valgte et punkt i overensstemmelse med det gyldne snit – dvs. det irrationale tal  $\frac{1+\sqrt{5}}{2} = 1,618033\dots$ , der kan udtrykkes som en relation, hvor summen af de to linjestykker  $a$  og  $b$  har samme størrelsesforhold til  $a$ , som  $a$  har til  $b$ .

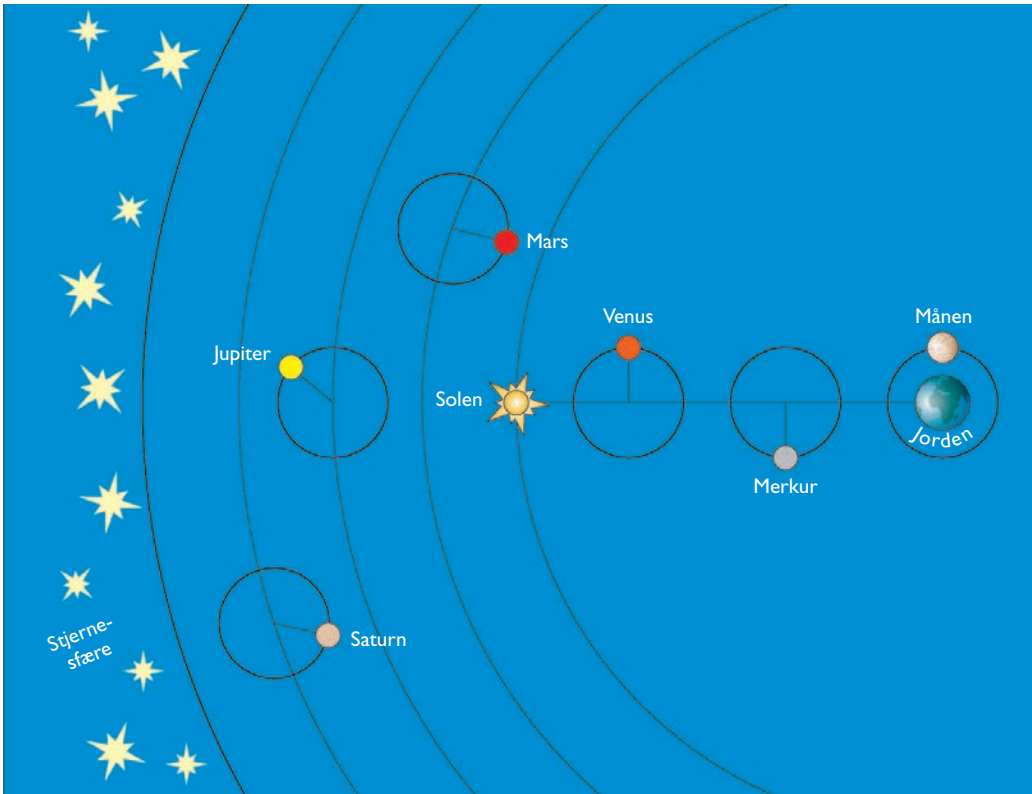
## Jorden placeres i centrum

Platon havde i sin dialog *Timaios* opstillet en model for verden med Jorden i centrum og stjernerne og planeterne kredsende udenom i forskellige lag af koncentriske cirkler. De forskellige niveauer bevægede sig med hver deres

konstante hastighed. Men ser vi på Solen, så har den to bevægelser. Den ser ud til at bevæge sig rundt om os her på Jorden én gang i døgnet, men den bevæger sig også rundt på himmelkuglen i ekliptika. Det samme gælder Månen, der jo også står op og går ned hver dag, men derudover udfører en i forhold til Solen lidt kompliceret bevægelse på himmelkuglen, ikke som Solen i løbet af et år, men i løbet af en måned. Det er derfra, vi har vores bestemmelser måned og år: SOL-år og MÅNed. Eudoxos modificerede nu Platons teori, så f.eks. Solens bevægelse baserede sig på to kuglesfærer, hvor den ene drejede inde i den anden, således at den ene foretog en komplet cirkelbevægelse i døgnet og den anden én pr. år. Månen måtte have tre sfærer, planeterne fire. Disse forestillinger overtog Aristoteles, og de kom til at danne basis for forståelsen af universet helt frem til 1600-tallet.

Men hvis man faktisk observerer Solen, Månen og planeterne, så passer observation og teori ikke sammen. Især planeterne opfører sig mærkeligt, af og til foretager de f.eks. baglæns bevægelser. Allerede Platon havde været opmærksom på denne uoverensstemmelse og krævet, at astronomerne skulle fremlægge en teori, der kunne "redde fænomenerne", dvs. kunne gøre rede for det faktisk observerede. Ydermere vidste man, at årstidernes længde ikke var ens. Tiden fra forårsjævndøgn til sommersonhverv er længere end fra sommersonhverv til efterårsjævndøgn. Det gav problemer, hvis Solen skulle bevæge sig med jævn hastighed i en cirkel med Jorden i centrum. Enten var bevægelsen ikke jævn, eller også var Jorden ikke centrum i Solens cirkel.

Omkring år 200 f.v.t. arbejdede flere teoretikere med disse problemer, og de fremlagde mere komplekse modeller af universet, herunder endda modeller, der placerede Solen i centrum af universet. Cirkelbevægelserne måtte enten være "excentriske" i forhold til hinanden, eller der måtte være tale om flere sammensatte cirkelbevægelser. At der var tale om cirkelbevægelser, tvivlede ingen på. I studiet af disse modeller udviklede man i øvrigt en mængde ny matematisk viden, f.eks. inden for trigonometrien. Det blev Ptolemaios, der omkring 150 e.v.t. i Alexandria formulerede den afgørende opsummering af alle disse overvejelser i værket *Almagest*. Det indeholder tretten bøger og giver ikke blot en matematisk bestemmelse af modeller for universet, men også et utal af målinger og navne på stjernebilleder, dvs. en stor mængde empirisk viden baseret på observation af stjernehimlen. Ptolemaios opbygger sin model af universet med Jorden i centrum og Månen,



Solen og planeterne kredsende uden om i cirkelbaner bestående af yderligere cirkelbaner, såkaldte epicykler. Modellen kan sammenlignes med en kreds af mandlige dansere, der drejer rundt i én retning, og hvor der i en cirkel omkring hver mand danser en kvinde i modsat retning. Hvis vi nu ser på ét dansepar, så vil den kvindelige danser udføre en bevægelse svarende til en planets bevægelse. Hvis der i mændenes midte står en danseinstruktør, dvs. Jorden, vil vedkommende opleve kvindelige dansere, der bevæger sig både fremad – følgende de mandlige dansere – men af og til også modsat. Ptolemaios var klar over, at der fandtes en anden model, hvor danserne – dvs. Månen, Solen og planeterne – alle bevæger sig sammen, men hvor danseinstruktøren ikke står i kredsens centrum. Den var tidligere blevet fremsat af astronomerne og matematikerne Hipparkos og Appollonius (ca. 262-190 f.v.t.). Men Ptolemaios viste, at de to hypoteser redegjorde lige godt for de observerede fænomener, og i sidste ende valgte man at tro på, at Jorden var centrum for planeternes, Månens og Solens cirkelbevægelser.

Ptolemaios' model af universet med Jorden i centrum og Månen, Solen og planeterne kredsende uden om i såkaldte epicykler (se også s. 79).





En 1500-tals rekonstruktion af Ptolemaios' verdenskort ud fra hans *Geographia*. Næsten ulæseligt står ordene "Sinae" og "Serica" på højre side (Kina) og kæmpeøen "Taprobanes" (Sri Lanka).

Som led i sit astronomiske arbejde udarbejdede Ptolemaios tabeller over, hvad vi i dag ville kalde trigonometriske funktioner, f.eks.

sinus-funktionen. Det lykkedes ham at lave endda meget nøjagtige tabeller ved hjælp af geometriske metoder, tabeller der først blev forbedret i slutningen af 1600-tallet, hvor man begyndte at anvende helt andre beregningsmetoder. Ptolemaios afsluttede ikke kun den antikke astronomi og leverede den videre til araberne, hvorfra den igen i 1200-tallet kom tilbage til Europa. Han arbejdede også med astrologi i værket *Tetrabiblos* samt med geografiske problemer, især problemer knyttet til udarbejdelsen af kort. Her er problemet at skabe en todimensional repræsentation af en tredimensional virkelighed. Det vedrører projektiv geometri, som Ptolemaios arbejdede med i sit værk om geografi, *Geographia* fra ca. 150 e.v.t. I dette værk fandtes også en lang række forsøg på at kortlægge både Afrika og Asien, og mange århundreder senere sejlede Columbus vestpå fra Portugal med netop disse kort ombord.

Euklid, Arkimedes og Ptolemaios var forskere, der udviklede teorier og skabte imponerende resultater. Vi tror selvfølgelig ikke på Ptolemaios' model

af universet, ligesom astrologi ikke længere anses for videnskab. Men de tre forskeres metoder er stadig i vidt omfang gældende. Det meste matematik foretages inden for den tradition, som Euklid kodificerede, og formulering og analyse af matematiske modeller er stadig en helt afgørende teoretisk aktivitet hos forskerne. Hvad, der er ændret, er først og fremmest, at man fra midten af 1600-tallet ikke længere tænkte geometrisk i den forstand, som f.eks. Arkimedes og Ptolemaios gjorde.

Man hører ofte, at den græsk-romerske kultur ikke var særligt orienteret imod det praktiske, forstået som eksperiment og teknik. Man orienterede sig i stedet imod matematik og teoriområder, der kunne formuleres matematisk. Det praktiske blev derimod forstået som det, der havde at gøre med etik, politik, samfundet og det enkelte menneskes liv. En række forskere gennemførte store empirisk orienterede projekter, f.eks. Aristoteles' og Teofrasts (ca. 370-285 f.v.t.) undersøgelser af henholdsvis dyr og planter, men de var baseret på forestillingen om, at man kunne finde generelle principper i tingene via observation. Ud fra sådanne generelle principper kunne man så foretage kategoriinddelinger, dvs. klassifikation. Men ser vi på efterladenskaberne fra antikken, må det stå klart, at man alligevel har rådet over en stor teknisk og organisatorisk ekspertise – ellers havde det været umuligt at opretholde en så udviklet og udbredt civilisation i så mange århundreder.

## Den antikke lægekunst

Især ét område var i hele antikken præget af et komplekst samspil imellem observation, praktisk handling og teoretisk refleksion: lægekunsten. Læg mærke til ordet, som adskiller sig fra nutidens "lægevidenskab". Var antikens lægeaktivitet kunst eller videnskab? Det samme spørgsmål kan stilles til "ingeniørkunsten". Grækerne konstruerede skibe, fyrtårne, templer og komplekse instrumenter, romerne byggede akvædukter, kupler og veje. Alle-rede omkring midten af 400-tallet f.v.t. blev der nedskrevet en stor mængde lægelig viden i form af de hippokratiske skrifter, opkaldt efter Hippokrates (ca. 460-377 f.v.t.), grundlæggeren af lægekunsten. Denne samling på omkring tres afhandlinger indeholder både konkrete sygehistorier og mere generelle overvejelser over sundhed og sygdom. De arbejder med forestillingen om, at sygdomme kan klassificeres, at der kan stilles diagnoser, og at sygdomme forløber lovmæssigt, dvs. at det er muligt at give en prognose for

et sygdomstilfælde. Grundlæggende blev sygdom anset for at være ubalance i det enkelte menneskes legemsvæsker. Disse væsker var blod, slim, gul galde og sort galde og var knyttet til den empedokleske og aristoteliske forestilling om de fire grundelementer. De var også knyttet til grundegenskaber som kulde og varme og til mentale egenskaber, "temperamenterne".

Primær kvalitet	Sekundær kvalitet	Element	Legemsvæske	Temperament
Tør	Kold	Jord	Sort galde	Melankolsk
Kold	Fugtig	Vand	Slim	Flegmatisk
Fugtig	Varm	Luft	Blod	Sangvinsk
Varm	Tør	Ild	Gul galde	Kolerisk

Vigtigst i de hippokratiske forestillinger om sygdom var, at man anså sygdomme for at være naturlige fænomener, der havde naturlige årsager og skulle behandles derefter. Sygdom var ikke f.eks. en guddommelig straf, men skulle forstås og forklares på linje med alle andre naturfænomener. Man havde dog få behandlingsformer og lagde derfor størst vægt på forebyggelse, først og fremmest igennem forestillinger om et sundt liv. De hippokratiske læger var erfaringsbaserede forskere, der samlede og systematiserede store mængder viden. Den såkaldt hippokratiske ed er et tidligt eksempel på en specifik professionsetik: lægen skulle sværge at bruge sin viden til at gøre godt og i det mindste ikke skade patienten.

Omkring år 200 e.v.t. levede den antikke lægekunsts absolut største udøver, Galen (ca. 129-199). Han var født i Pergamon i Lilleasien, men praktiserede i mange år i Rom, bl.a. som læge for kejser Marcus Aurelius (121-180 e.v.t.) Han forsøgte at skabe en egentlig lægevidenskab baseret på de aristoteliske forestillinger om, hvad en videnskab skulle være. Og han foretog dissektioner og eksperimenter, dels for at opnå konkret viden om kroppen og dels for at påvise, at tidligere hypoteser eller teorier var forkerte – f.eks. teorien om, at urinlederne ingen funktion havde. Det betyder dog ikke, at han havde en korrekt forståelse af anatomi eller fysiologi. Han videregav en lang række betydelige misforståelser af kroppens indretning og funktion, men leverede også en lang række observationer, der stadig anses for korrekte.

## •• Den hippokratiske ed

Idet jeg kalder lægeguden Apollo, Asklepios, Hygæa og Panakeia til vidne samt alle guder og gudinder, sværger jeg at ville holde efter evne og bedste skøn denne ed og kontrakt.

Jeg vil agte den, der har lært mig kunsten, lige med mine forældre og dele mit brød med ham og, når han behøver det, yde ham hans fornødenheder ... Diætetiske forskrifter vil jeg benytte til de syges gavn efter evne og bedste skøn og hindre dem, der kan volde skade og fortræd. Selvom jeg opfordres dertil, vil jeg ikke udlevere nogen dødelige gifte eller give noget sådant råd, ej heller give nogen kvinde fosterfordrivende midler. Jeg vil bevare mit liv og min kunst rent og fromt ... I de huse, hvor jeg kommer, vil jeg

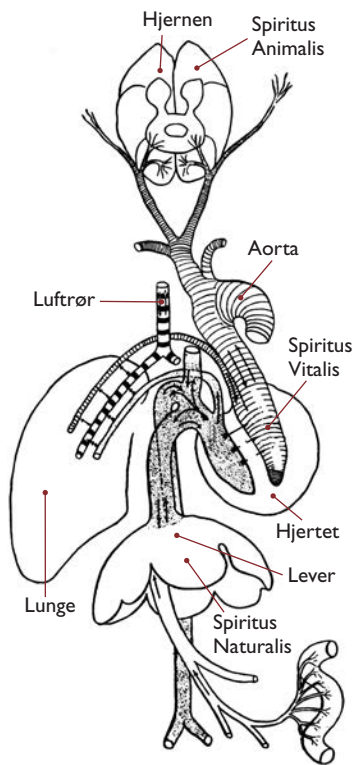
komme til gavn for de syge, idet jeg holder mig fjern fra al bevidst uret og forførelse både i andre henseender og i kønslig, både over for kvinder og mænd, frie og slaver. Hvad jeg ser og hører i min praksis eller udenfor praksis i menneskenes liv, hvad som ikke bør komme ud, det vil jeg fortie, idet jeg anser sligt for embedshemmelighed.

Når jeg handler efter denne ed og ikke bryder den, så lad det forunde mig at nyde godt både af mit liv og af min kunst, idet jeg nyder anseelse hos alle mennesker til evig tid; men overtræder jeg den og bliver medsvoren, da times der mig det modsatte heraf.

*Ca. 400 f.v.t., oversat af J.L. Heiberg.*

Det vigtigste hos Galen er imidlertid, at han som en af de første arbejdede i et tæt samspil mellem teori og observation: han efterprøvede påstande med eksperimenter og fremsatte teorier på baggrund af systematisk observation. Han kunne f.eks. påvise en lang række sammenhænge imellem rygmarven og lammelser i legemsdelene, og han kunne også påvise, at forstanden måtte være lokaliseret i hjernen snarere end i hjertet, som Aristoteles ellers havde hævdet. Han kodificerede den hippokratiske teori om sammenhængen mellem elementer, legemsvæsker og temperament, og han fremførte en teori om, at der fra hjertet udgik en særlig livsånd, der sivede rundt i kroppen og holdt den i live, hvilket var en grundtanke inden for den såkaldte vitalistiske strømning.

Galen var praktiserende læge og kirurg og gav mange praktiske anvisninger, f.eks. på hvordan man skulle sætte en skulder, der var gået af led, på plads. Han mente dog også, at læger skulle have en grundig filosofisk skoling. De hippokratiske læger var underlagt den hippokratiske ed og måtte ikke udføre kirurgiske indgreb. Hans forestillinger om det filosofiske grundlag for lægegerningen var senere med til at adskille den i en henholdsvis praktisk og en teoretisk del. Læger var rene teoretikere, og dem, der beskæftigede sig med det praktiske, blev der generelt set ned på. Først i 1800-tallet blev denne splittelse mellem det teoretiske og det praktiske ophævet igen.



Galen mente, at kroppen bestod af tre interne systemer. Hjernen var udgangspunktet for nervebanerne og styrede de motoriske funktioner, hjertet var udgangspunkt for pulsårene, og leveren var udgangspunkt for venerne. De tre systemer var ikke uafhængige, men i konstant udveksling.

Generelt var Galen imod enhver mekanisk eller materialistisk forklaring af de fysiologiske processer. Han så snarere legemer som formålsbestemte og troede på en form for overensstemmelse og harmoni mellem de levende organismer og universets grundlæggende principper. På disse felter var han helt på linje med Platon og Aristoteles. Det betød også, at han senere kunne accepteres af kristendommen, fordi hans tanker kunne "oversættes" til at betyde harmoni mellem skaberen og det skabte – mennesket som skabt i Guds eget billede.

## Teori og praksis

Antikken havde skabt forskerakademier og biblioteker med avancerede og højt organiserede undervisningsinstitutioner. Men hospitalet skabtes ikke i antikken, det kom først med kristendommen. Universitetet som institution opstår først i middelalderen, selvom der er tilløb i slutningen af antikken, hvor man forsøger at bevare den lærdom og kultur, der er i fare for at gå tabt efter Romerrigets opløsning.

Siden middelalderen har teknologi spillet en helt central rolle i Europas historie. Viden har været viden, der skulle anvendes i praksis. Både grækere og romere må have haft betydelig teknisk indsigt, men meget lidt af den er blevet bevaret for eftertiden. Antikken rådede over megen teknologisk viden, og man udførte eksperimenter og anvendte matematik i beskrivelsen af naturen. Romeren Marcus Terentius Varro (116-27 f.v.t.) forsøgte at etablere et pensum i den romerske undervisning, der ikke kun indeholdt matematik, filosofi og retorik, men også lægevidenskab og arkitektur. Arkitektur dækkede over alt, der skulle til for at bygge bygninger, indrette byer med vandforsyning, gader og generel infrastruktur. Pythagoræerne havde allerede arbejdet med matematiske beskrivelser af simple redskaber, noget der genfindes hos Arkimedes. I Alexandria havde

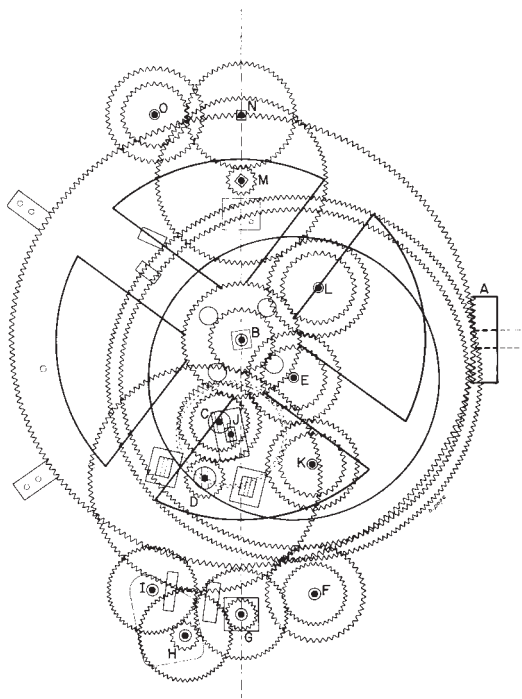


man i lange tider arbejdet med fremstilling af komplekse maskiner, der havde karakter af automater. En kendt forsker er Heron, der levede i Alexandria i det første århundrede e.v.t.

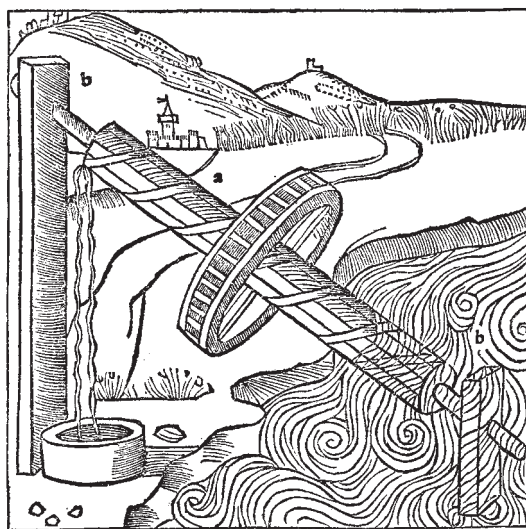
Han arbejdede med konstruktion af maskiner og opdagede mange fysiske forhold knyttet til damp og til luftens tryk. Han udviklede endda den første dampmaskine, som han viste kunne bruges til at åbne store døre med, ligesom han udviklede metoder til måling, især landmåling. Mekanik er på den måde både en teoretisk og en praktisk disciplin, ligesom astronomien er det – der skal jo også laves kalendere og holdes tjek på tiden.

Det værk, der giver den bedste indsigt i antikkens tænkning om teknologi, er arkitekten og ingeniøren Vitruvius' (1. årh. f.v.t.) værk *Om Arkitekturen*. Her præsenteres en lang række opfindelser og en stor mængde teknisk og kunstnerisk viden. Vitruvius er

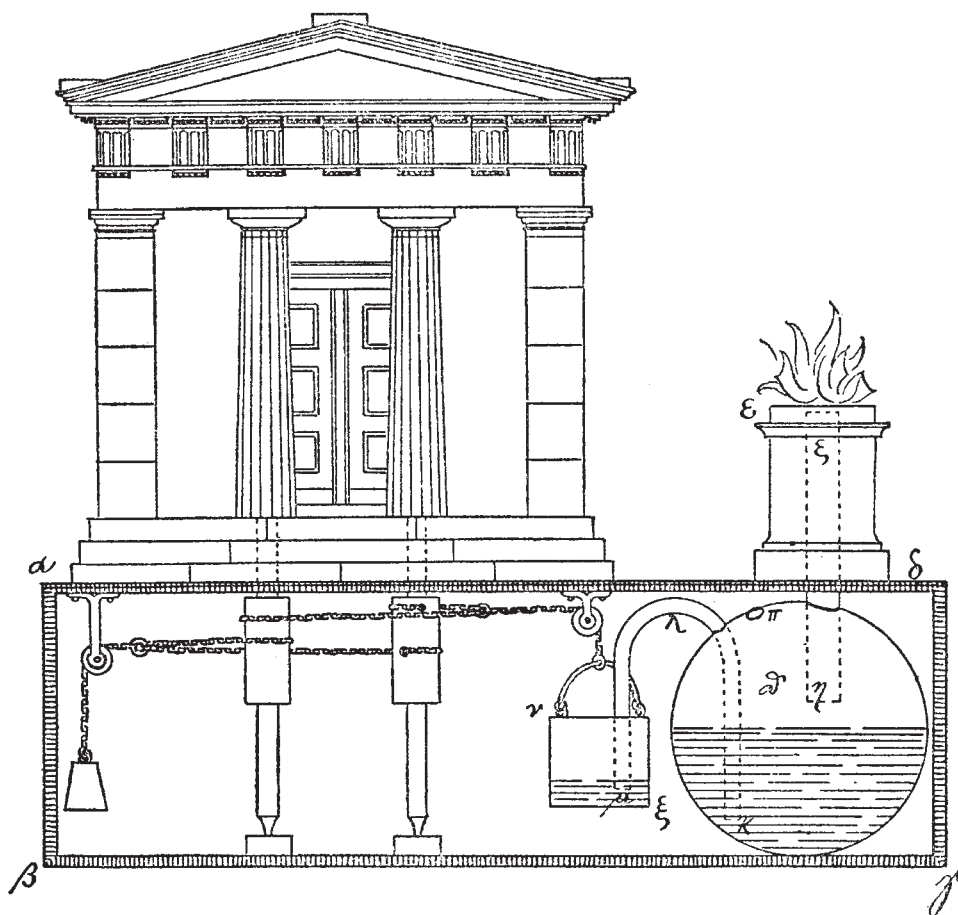
"Vandskruen" blev opfundet af Arkimedes i det 3. århundrede f.v.t. Den kan løfte vand fra floder og brønde og blev bl.a. brugt i forbindelse med overrisling. Vandskruen bruges stadig inden for moderne landbrug og industri, og dens form er uændret den dag i dag. Vitruvius beskrev indgående dens principper i *Om Arkitekturen*. Her gengivet fra Giovanni Giocondos (ca. 1445-1525) Vitruvius-udgave, udgivet 1511 i Venedig.



Skematisk gengivelse af den såkaldte Antikythera-maskine, der i 1900 blev fisket op i nærheden af Kreta. Denne antikke maskine er et eksempel på et kompliceret gearsystem. Den konkrete brug er ikke kendt, men man mener, der er tale om en art regnemaskine af astronomisk-horoskopisk art. Gengivet fra Derek de Solla Price: *Gears from the Greeks*, 1975 · The American Philosophical Society.







Rekonstruktion af en af Herons maskiner, hvor dørene i et tempel åbnes som på magisk vis ved hjælp af ild og damptryk · Illu-Grafia.

dog stadig i høj grad påvirket af ideen om, at enhver gyldig viden skal udtrykkes matematisk,

og helst geometrisk. Geometrien hjalp ikke kun med at lave planer og sikre rette vinkler, lodrette vægge, vandrette gulve osv., den blev også koblet med æstetikken og foreskrev f.eks., at bygninger skulle være symmetriske for at være smukke.

Hvis de havde haft fantasien, kunne grækerne og romerne have konstrueret det første mekaniske ur, ligesom Heron og hans fæller i Alexandria kunne have lavet det første damptog fra Delfi til Athen samt en hel række andre komplicerede maskiner og køretøjer. De arbejdede f.eks. med mekanismer, hvor vægte drev et mekanisk værk, og de rådede over komplicerede gear-systemer, og Vitruvius beskriver f.eks. et kompliceret system til måling af vejlængder baseret på gear og et næsten automatisk tælleværk – en antik kilometertæller.

Alligevel er antikken karakteriseret ved en tydelig opdeling i teori og praksis. Måske skyldes det antikkens traditionelle brug af slaver, der har dæmpet behovet for teknologi, eller troen på, at alt, hvad der er væsentligt og værdigt for mennesket, ligger i tankens magt, og ikke i materiens beskaffenhed. I hvert fald var det først efter middelalderen, at der udvikledes en egentlig eksperimentel og teknologisk tradition og kultur, som naturligt oversatte den teoretiske viden til praktiske redskaber.