

I 1704 fremlagde Newton yderligere et meget væsentligt værk, hans *Optik*. I dette værk studerede han først og fremmest lyset. Han fremsatte en teori om, at lys var en partikelbevægelse, og at hvidt lys – sollys og dagslys – var sammensat af lys med forskellige farver, som vi ser det i spektret. Opfattelsen af lyset som en partikelstrøm var en dristig hypotese – andre hævdede, at lyset var et bølgefænomen – men Newton havde stærke eksperimentelle grunde til at mene, at hvidt lys var sammensat. Newton studerede selvfølgelig mange andre fænomener, og han diskuterede en lang række hypoteser om lysets natur, f.eks. også Descartes' ide om, at lys var en art trykfænomen.

Robert Boyles luftpumpe. Fra ► *New Experiments Physico-Mechanical*, 1660 · History of Science Collections, University of Oklahoma Libraries.

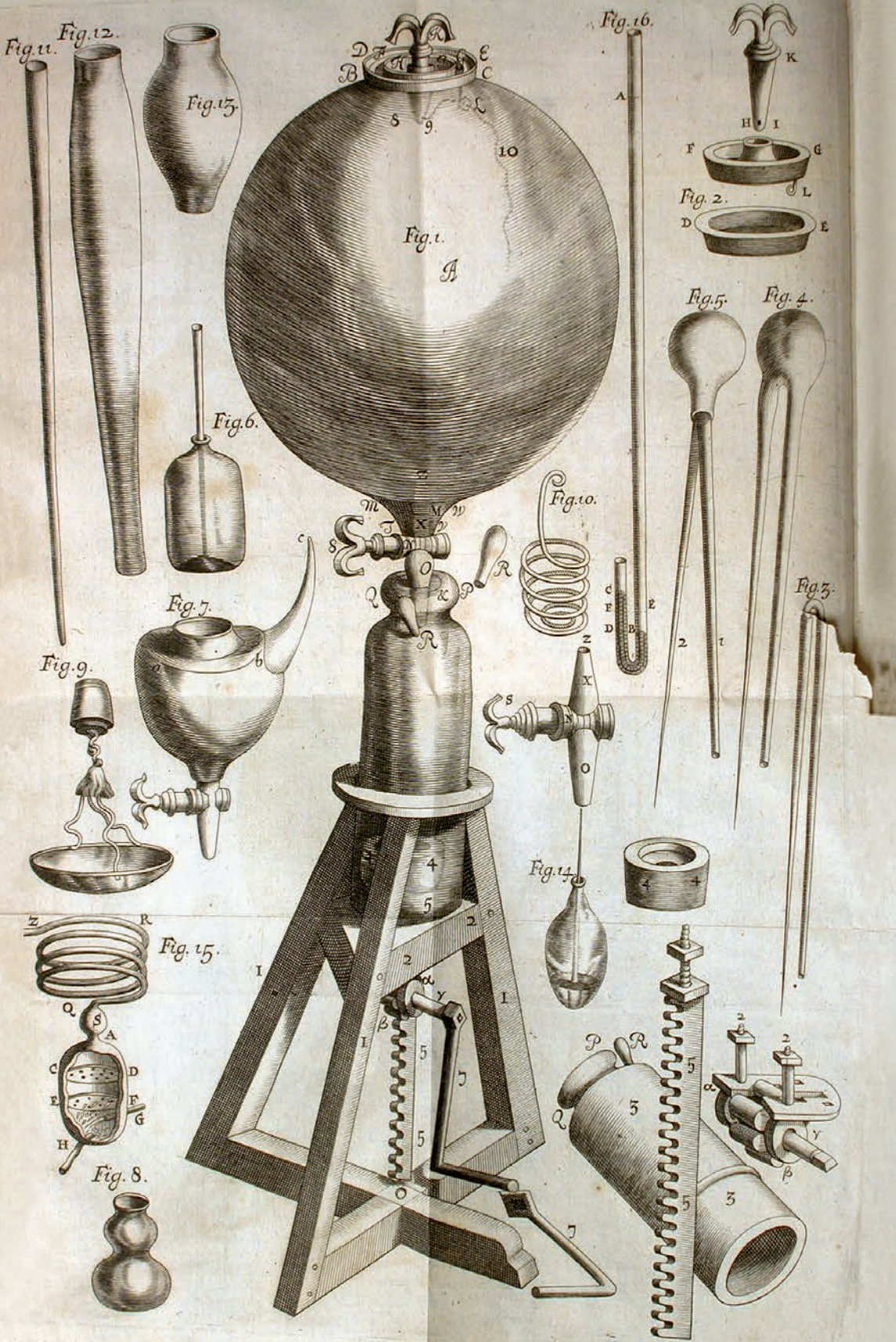
også løse fysiske problemer på samme måde, som man siden i hvert fald Euklid havde løst geometriske problemer. Det var således ikke kun den himmelske sfære, der var matematisk, hele naturbeskrivelsen kunne være det, inklusive den, der drejede sig om jordiske fænomener.

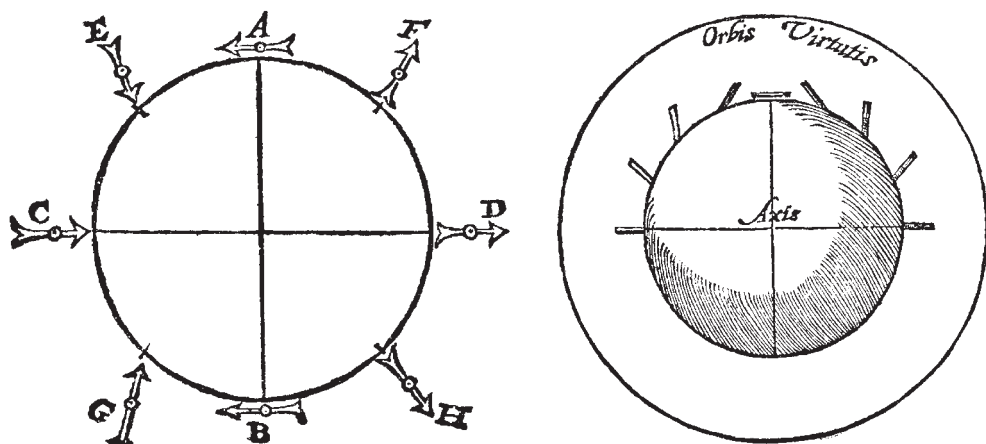
En mekanisk og deterministisk verdensorden

I løbet af 1600-tallet blev der etableret en høj grad af konsensus om, hvordan viden blev produceret, og hvad viden var. Det skete bestemt ikke uden diskussion og kontrovers. Afgørende var imidlertid, at der opstod en videnskabelig institution, f.eks. i form af videnskabelige selskaber, hvor en gruppe af mennesker fik magt og mulighed for at fastslå, hvad der var kendsgerninger, og hvad der ikke var. Kendsgerninger var noget, der var objektivt påviseligt, og med objektivitet mentes, at flere mennesker kunne opleve fænomenet, og at det kunne gentages under forskellige omstændigheder.

Den engelske videnskabsmand Robert Boyle (1627-91) arbejdede i mange år med luften, dens tryk og egenskaber, og med spørgsmålet om det tomme rums eksistens. Han fik konstrueret en luftpumpe, og med den kunne han frembringe et vakuum. Han kunne udforske luftens egenskaber og fremlægge en teori, der støttedes af eksperimenter.

Det videnskabelige samfund var i slutningen af 1600-tallet endegyldigt blevet den instans, der afgjorde, hvad der var viden, og hvad der ikke var. Observation og eksperiment, efterprøvning og gentagelse var afgørende kriterier. Det var ikke ved disputationer eller filosofiske analyser, at man kom frem til kendsgerningerne, men ved at lade dem "tale selv", og det skete først og fremmest i eksperimen-





tet. En redegørelse for viden var således både en teoretisk præsentation, f.eks. i form af en matematisk teori, men også en redegørelse for, hvilke observationer og eksperimenter, der var blevet udført.

Der opstod med andre ord en institution baseret på en bestemt ide om, hvad viden og videnskab var. Videnskabsmændene mødtes i deres selskaber, diskuterede og gennemførte eksperimenter, og sikrede derved objektiviteten. De publicerede deres observationer og resultater i tidsskrifter, så alle i det videnskabelige samfund kunne være orienterede og havde mulighed for at efterprøve og kontrollere. Når medlemmerne var enige om udfaldet af et eksperiment eller resultatet af en observation, og om hvordan tingene passede sammen rent teoretisk, så var der etableret ny viden.

I året 1600 havde William Gilbert som nævnt offentliggjort en bog om magneter, hvori han omhyggeligt på basis af eksperimenter fremlagde en lang række undersøgelser og resultater om magneter. Her kom han også med den hypotese, at selve Jorden var en stor magnet. Selvom han er en tidlig repræsentant for den nye videnskab, var hans forståelse af magnetismen indlejret i en magisk forståelse af naturen, en forståelse som anså naturen for hjemsted for okkulte kræfter, der kun kunne beherskes eller benyttes igennem magi, igennem overtalelse og sammensværgelse. Gilberts model af forskeren var stadig en model, der lignede Faust.

Hvor renæssancen ofte havde opfattet naturen som en art levende organisme, så fremkom der snart en ny opfattelse, der så naturen som en kompleks mekanisme, en art maskine, der kunne minde om f.eks. et meget avanceret ur. Det betød, at naturen dybest set var død, bestod af livløse elemen-

◀ William Gilbert argumenterede for, at Jorden selv er en stor magnet. Bl.a. understregede han ligheden mellem de følgende to fænomener. Til venstreses en kompasnåls hældning på forskellige breddegrader. (Bemærk, at Nordpolen befinder sig ved C.) Til højre ses ligevægtsstillingen af et lille stykke jerntråd i forhold til en rund magnet. History of Science Collections, University of Oklahoma Libraries.

ter eller dele, der i særlige sammenhænge kunne fremvise egenskaber, som kunne opfattes som levende. Selv mennesket var en avanceret maskine, blot udstyret med et særligt element, der kunne styre maskinen – nemlig sjælen med dens vilje og fornuft.

Om denne sjæl selv var en art maskine eller noget helt andet, kunne man så diskutere.

Et af de væsentligste elementer i den nye naturopfattelse var, at man fremsatte den tese, at de afgørende lovmæssigheder i universet var de samme overalt. Dernæst, at alting hang sammen gennem årsagssammenhænge, der forløb med nødvendighed, og hvor én begivenhed altid forårsagede en anden begivenhed, der lå senere i forløbet. Man forstod netop disse årsagssammenhænge ud fra konstruktion og benyttelse af maskiner. Naturen som sådan havde ikke selv nogen vilje, indsigt eller beslutningsevne. Den var på ingen måde hverken levende eller handlende.

Descartes' forestilling om naturen var netop, at den var en mekanisme, der skulle forstås med mekaniske modeller. Hvilke disse skulle være, kunne man så strides om. Descartes opfattede naturen som noget, der først og fremmest var udstrakt, idet materiens centrale egenskab netop var udstrækning. Derfor kunne den beskrives geometrisk, og via analytisk geometri derfor også med ligninger. I modsætning hertil opfattede den franske forsker Pierre Gassendi (1592-1655) naturen som bestående af mindste dele – atomer – sådan som også de antikke atomister havde gjort. Boyle og senere Newton havde også en "korpuskulær" – dvs. atomar – opfattelse af naturen, der var i modstrid med Descartes'.

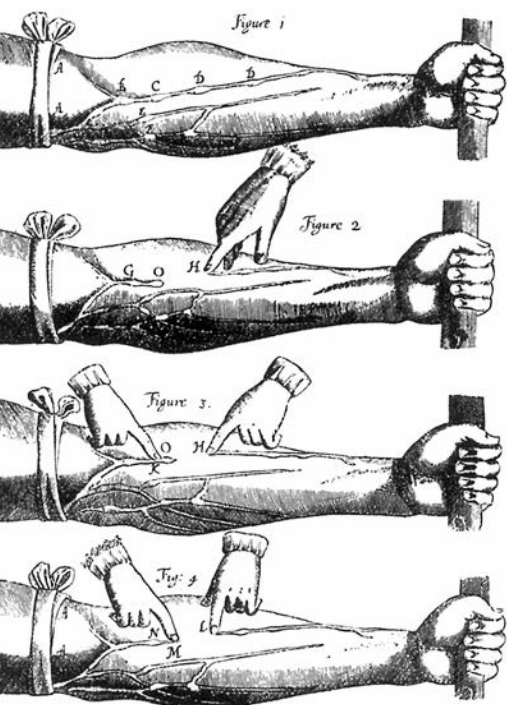
De var dog alle enige om, at naturen skulle forstås som et mekanisk system. Gud havde ganske vist skabt dette system, ingen tvivl om det, men efter at det var blevet skabt, kunne det så at sige klare sig selv og følge sine egne ubøjelige love. Det skyldtes først og fremmest, at al bevægelse og forandring i virkeligheden ikke var ændring. De involverede størrelser forblev totalt set uændrede; bevægelsesmængden før og efter en forandring var altid ens. Bevægelse i sig selv krævede heller ikke en årsag – andet end den oprindelige årsag. Den oprindelige årsag var Guds skabelse af verden, der havde sat en bestemt mængde bevægelse (vi ville måske i dag sige en bestemt mængde energi) ind i verden. Denne var konstant, men kunne være fordelt

på et utal af forskellige måder. Det var altså ikke bevægelse som sådan, der skulle forklares og analyseres, men *forandring* i bevægelse.

Et uendeligt univers bestående af en vis mængde materie i en bestemt bevægelsestilstand underkastet nødvendige lovmæssigheder – det var, hvad der egentligt eksisterede. Derudover var der selvsagt bevidsthedens fænomener – tanker, oplevelser og følelser – men de var knyttet til noget ganske andet end materien og bevægelsen: de var psykologiske og havde at gøre med sjælen eller psyken. Renæssancens besjælede natur, hvor bevidsthed, følelse, krop og natur var i en art sammenvævet enhed, blev således erstattet af en skarp spaltning imellem den natur, som naturvidenskaben beskrev udefra, og den slags fænomener, som *oplevelsen af og tænkningen over* en sådan natur var. Naturvidenskabens beskrivelse af naturen var matematisk og anvendte så få ikke-matematiske begreber som muligt, f.eks. begreber som masse eller kraft, der dog var egenskaber ved genstande eller tilstande, som kunne måles og dermed gives et matematisk udtryk. Det betød samtidig, at en lang række af de egenskaber ved naturen, som vi normalt opfatter som væsentlige,

faktisk ikke blev forstået som egenskaber ved naturen, men snarere ved vores opfattelse af den. Det gjaldt f.eks. farver og lugte, som ikke var objektive fænomener, men subjektive. Den faktisk eksisterende natur, virkeligheden som videnskabsmanden måtte beskrive den, var altså meget anderledes end den, man umiddelbart oplevede gennem sine sanser.

Denne mekaniske opfattelse af naturen fik også stor betydning for udviklingen inden for kemi og biologi. Kemiske og biologiske processer, der netop var blevet betragtet som udslag af “naturens luner”, blev nu betragtet som



William Harveys udforskning af blodårerne i armene førte til hans opdagelse af korrelationen mellem hjertet og blodets cirkulation i kroppen. Her ses planche fra hovedværket *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* fra 1628.

af samme art som fysiske processer. Et væsentligt eksempel herpå var f.eks. den engelske læge William Harveys (1578-1657) nye teorier om hjertet og blodets cirkulation fra 1628.

Tidligere anatomer havde haft problemer med at finde de elementer i kroppen, som burde være der, hvis Aristoteles' og Galens teorier om blodet og hjertet var korrekte. Ifølge disse var leveren det afgørende organ, og organismen fungerede ved en række transformationsprocesser mellem føde, blod og diverse former for "ånde", der flød imellem tarm, blodkar, lunger og nerver (se s. 50). Disse sagde også, at der passerede blod imellem hjertets to kamre, og at hjertets funktion var knyttet til diastolen, dvs. til hjertets udvidelse, snarere end dets sammentrækning. Man mente desuden, at blodet flød flere veje i årerne, idet der ikke var nogen klar adskillelse mellem arterier og vener.

Harvey undersøgte alle disse påstande, men kunne ikke ved empiriske undersøgelser (foretaget på halvdøde hunde) finde nogen former for bekræftelse af dem. Han fremlagde derimod en alternativ teori, der opfattede hjertet som en pumpe, hvor sammentrækningen var det centrale – hjertet var altså en muskel – og hvor blodet cirkulerede i kroppen, ud i arterierne og tilbage i venerne. Han havde selvfølgelig problemer med at redegøre for, hvordan blodet kom fra arterier til vener – noget man senere kunne redegøre for, da man via mikroskopet kunne påvise eksistensen af hårkårerene. Men ved ret simple målinger og beregninger kunne Harvey imidlertid argumentere for, at blodet nødvendigvis måtte cirkulere: i løbet af ret kort tid pumpede hjertet nemlig mere blod ud, end hele kroppen indeholdt. Hvor skulle dette blod blive af og komme fra, hvis ikke der var cirkulation? Harvey var – ligesom magnetismens udforsker Gilbert – ikke mekanist rent filosofisk. Han troede f.eks., at blodet ikke kun var en fysisk væske, men også hjemsted for åndelige kræfter, der sikrede liv. Descartes derimod så i Harveys teori om hjertet og blodet et klart eksempel på, at man kunne redegøre for også biologiske fænomener rent mekanisk.

Om at erkende verden – den moderne filosofi

Ved renæssancens afslutning og indledningen til den videnskabelige revolution fandtes flere grundlæggende indstillinger til erkendelse og filosofi. Der var fortsat en levedygtig aristotelisme og skolastik, der i flere sammenhæn-