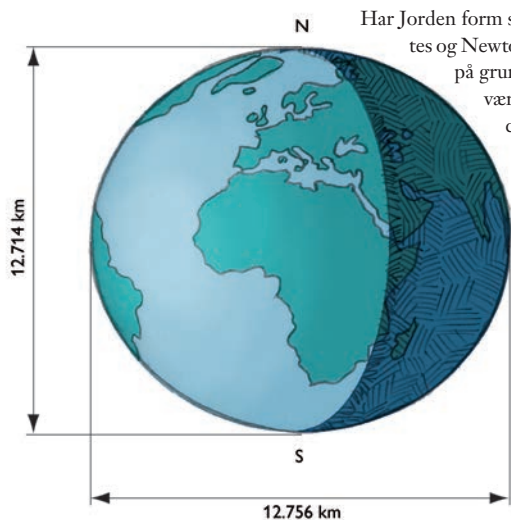


4 Samfundsinstitutionen bygges op

I 1751 udkom første bind af Den Store Franske Encyklopædi. Filosoffen og forfatteren Denis Diderot (1713-84) og matematikeren Jean le Rond d'Alembert (1717-83) var redaktører. D'Alembert skrev et langt, programmatisk forord til værket, hvor han fremlagde sit syn på mennesket, samfundet og erkendelsen, som for ham først og fremmest ville sige videnskaben. D'Alembert tilsluttede sig John Lockes (1632-1704) empiristiske opfattelser, som endog blev lidt radikaliserede, og han skrev uden på nogen måde at antage, at det var nødvendigt at redegøre for erkendelse og videnskab ud fra Gud eller andre overnaturlige forhold. Mennesket er, efter d'Alemberts mening, et naturligt væsen, der lever i en naturlig verden, og som organiserer sig i naturlige samfund. Der er i verden intet mystisk, magisk eller mirakuløst. Diderot og flere andre af de intellektuelle knyttet til hans kreds – ofte kaldet oplysningsfilosofferne – var næsten alle radikale materialister, dvs. de mente, at der ikke i verden fandtes andet end materielle genstande, og at hele universet var en art stor maskine. D'Alembert var mere raffineret, idet han var klar over, at menneskets evne til erkendelse var knyttet til sansning, og at sansning involverede noget subjektivt, der ikke bare kunne elimineres igennem en tro på, at verden i sin helhed var en maskine. Immanuel Kant (1724-1804) skulle få år senere gennemtænke denne problematik.

D'Alembert var ikke først og fremmest filosof, han var matematiker og teoretisk fysiker. Erkendelsesteoretisk var han tilhænger af John Locke og empirismen, men videnskabeligt var han mere knyttet til Isaac Newton (1642-1727). I årene omkring 1750 blev New-

◀ Illustration fra Voltaires popularisering af Isaac Newtons naturvidenskab: *Elémens de la philosophie de Neuton* (1738). Den viser forfatterens elskerinde og samarbejdspartner, Mme du Châtelet, holde et spejl, der reflekterer sandhedens lys fra Newton ned på den inspirerede Voltaire · Det Kongelige Bibliotek.



Har Jorden form som en citron eller som en appelsin? Det var, hvad Descartes og Newton skændtes om. Ifølge Descartes' hvirvelteori måtte Jorden på grund af sin rotation om egen akse tage form som en citron og være spids i polerne. Newton mente det præcis modsatte: at centrifugalkræfterne ville få Jorden til at være tykkere i ækvator og flade ud i polerne, ligesom en appelsin. Den franske geodæt, matematiker og filosof Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) drog på ekspedition i Lapland og kunne ved hjælp af store netværk af trekantsmålinger i 1738 bekræfte Newtons teori i bogen *Sur la figure de la terre*. Forskellen mellem den lange ækvatorial- og den korte polarakse blev af Newton estimeret til at være på 54 km, blot 12 km mere end den faktiske forskel.

tons fysik videreudviklet af en lang række videnskabsmænd, og den fik en mere præcis udformning, der kulminerede i den franske matematiker Joseph Louis Lagranges (1736-1813) fremstilling i 1788. Men ikke nok med at den teoretisk blev bragt i den form, vi kender i dag – den blev også testet og anvendt på en række fænomener, som hidtil havde været uforklarlige. Det var dog stadig sådan, at René Descartes' (1596-1650) naturopfattelse havde mange tilhængere. Det gav anledning til forskellige kontroverser, bl.a. om Jordens form. Man mente, at Descartes' og Newtons teorier måtte have forskellige Jordformer som konsekvens, og der blev derfor sendt ekspeditioner til det nordligste Europa og til Sydamerika for at foretage nøjagtige målinger.

I perioden fra 1750 til 1780 etableredes således Newtons fysik som det bedste eksempel på en eksakt naturvidenskab, et ideal for alle andre videnskaber. D'Alembert selv arbejdede med mange forskellige fysiske og astronomiske fænomener, bl.a. den bevægelse, som Jordens akse foretager. Han viste, at denne var en logisk følge af Newtons grundlæggende fysiske antagelser. De nye fænomener, man opdagede og ønskede forståelse af, dukkede frem pga. de mere og mere nøjagtige instrumenter og flere og flere målemuligheder, der blev skabt. Som vi senere skal se, førte dette også til overvejelser over måling og dermed over usikkerhed, overvejelser som fysikeren og matematikeren Pierre Simon Laplace (1749-1827) især gjorde sig.

Begejstringen for Locke og Newton blev i høj grad skabt af forfatteren François de Voltaire (1694-1778). Han opholdt sig nogle år forud for 1730

i eksil i England. I 1733-34 offentliggjorde han en række filosofiske breve, i hvilke han fremlagde blandt andet Lockes og Newtons filosofi og videnskab i en alment forståelig form. Disse *Lettres philosophiques* fik enorm indflydelse, og var som "medie-begivenhed" af afgørende betydning. De var et væsentligt skridt i etableringen af en diskuterende og kritisk offentlighed i løbet af 1700-tallet. Voltaire var først og fremmest i opposition til den etablerede kirke, som han anså for at være en formørkelsens og fordummelsens institution og instrument. Det var disse meninger, der bragte ham i fængsel og eksil. Under eksilet lærte han de engelske ideer om tolerance, frihed og parlamentsstyre at kende, og han stiftede bekendtskab med den opfattelse af erkendelse og videnskab, som Locke og Newton stod for. Voltaire fik kædet anti-kirkelige, anti-autoritære, demokratiske og moralske opfattelser sammen med bestemte erkendelses- og videnskabsteoretiske opfattelser. Lockes empirisme passede ham, fordi den gav grundlag for at angribe forestillinger om, at erkendelsen kom fra eller allerede var indgivet i menneskene af Gud. Han formidlede Newtons fysik som et billede af en naturlig verden, der adlød faste og sikre love. Det muliggjorde forudsigelse og kontrol.

Samtidig havde han stor begejstring for den Gud, som Newton selv antog, og hvis enhed han mente, det var vigtig at erkende – i modsætning til den etablerede kirke og kristendoms forestilling om en treenighed. Voltaire angreb også Blaise Pascal (1623-62), der jo havde "konverteret" fra fysiker og matematiker til forsvarer af den kristne tro. Newton havde, mente Voltaire, klart demonstreret den sublime intelligens, der lå bag eller i universet, og dermed Guds eksistens. I 1738 publicerede Voltaire en introduktion til, hvad han kaldte Newtons filosofi, hvori han lagde vægt på at vise Newton som en person, der kun accepterede, hvad der kunne vises empirisk eller eksperimentelt.

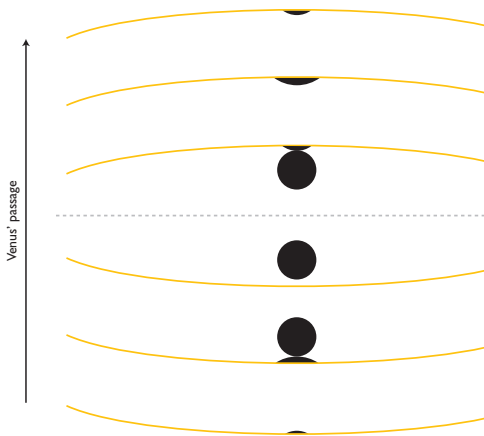
Voltaire var i den forstand anti-metafysiker og ønskede ikke at erstatte menneskets erkendelsesmæssige begrænsning og omfattende uvidenhed med metafysiske postulater. Derfor var hverken Pascal, Descartes eller Leibniz (1646-1716) hans helte. Man kan sige, at han i sin empiristiske begejstring bevarede en del skepticisme. Da en række af oplysningsfilosofferne ændrede Lockes empirisme til en gennemgribende materialisme, og i øvrigt også koblede denne til en gennemgribende optimisme, ja så var han voldsomt imod. I slutningen af hans filosofiske roman *Micromegas* fra 1752 siger en af hovedpersonerne: "Må Gud, hvis der er en sådan, frelse min sjæl, hvis

jeg har en sådan.” Voltaire tvivlede på sjælens eksistens og mente, at virkeligheden måtte bestå af dels en Gud og dels den materielle verden, hvor dyr og mennesker levede, ikke som besjælede væsener, men som bevidste. Bevidstheden var ikke struktureret af medfødte ideer, men mennesket havde visse basale instinkter, der udfoldede sig og i samspil med omverdenen var med til at forme mennesket.

Mécanique Analytique

I 1758-59 genkom Halleys komet. Edmond Halley (1656-1742) var en vigtig newtonianer, der allerede på Newtons tid havde beskæftiget sig med himmelfænomener. Han opdagede den komet, der er opkaldt efter ham, og fremsatte den hypotese, at denne komet havde vist sig flere gange, og derfor måtte bevæge sig i en elliptisk bane i solsystemet. Han fremlagde også forslag til, hvordan man mere nøjagtigt kunne bestemme solsystemets størrelsesforhold, først og fremmest afstanden fra Jorden til Solen. I 1761 kunne man i forbindelse med Venus’ passage forbi Solen beregne denne afstand – og fik den for datiden gode værdi 153 millioner km.

Halleys komets genkomst skulle kunne forudsiges og beskrives præcist ud fra Newtons love, hvis den opførte sig som et normalt himmellegeme, der havde en elliptisk bane i solsystemet. Flere fysikere, der kæmpede intenst for newtonsk fysik, fremkom med forudsigelser, der passede i en sådan grad, at det blev udlagt som overvældende sejre for den newtonske videnskab. Det fik en foreløbig kulmination i 1788, da Lagrange fremlagde Newtons



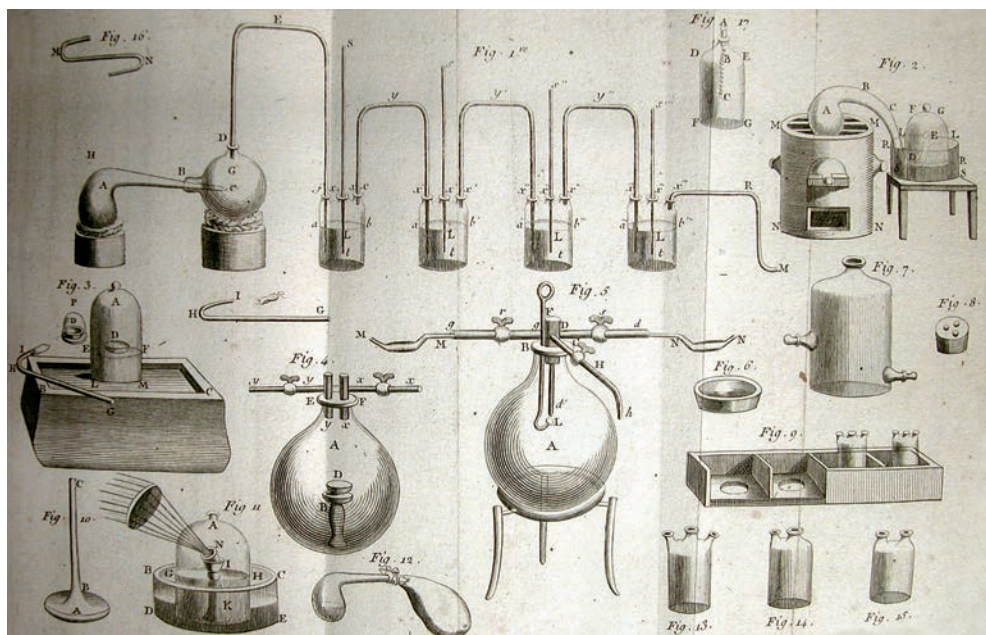
På trods af et stort antal af observationer slog forsøgene på at måle den eksakte afstand til Solen ved hjælp af Venus’ passage hen over Solen fejl. Blandt årsagerne var den såkaldte “sort-dråbe effekt”, som man kan se på denne tegning fra James Cooks (1728-79) ekspedition til Tahiti i 1769. Den sorte dråbe gør, at Venus ser ud til at sidde fast på randen af Solen. Der dannes en lille bro mellem de to sfærer, hvilket med datidens instrumenter skabte en fejlmargen i beregningen af parallaksen (s. 103) på op til 40 sekunder i aflæsningen af tidspunktet for kontakt. I mange år troede man, at årsagen til den sorte dråbe var en atmosfære på Venus, men i virkeligheden skyldes effekten en optisk diffraction pga. Jordens atmosfære.

teorier helt uden anvendelse af geometriske begreber. Fysikken blev analytisk, dvs. formuleret i rent algebraiske termer. Derfor kaldte Lagrange også sit værk *Mécanique Analytique*. Der var i virkeligheden tale om en avanceret anvendelse af den infinitesimalregning, som Leibniz og Descartes havde skabt, men uden at acceptere Leibniz' eller Descartes' metafysiske overbevisninger. Det var Descartes og Leibniz som videnskabsmænd, der blev koblet sammen med Newton og Locke som kosmologer og erkendelsesteoretikere.

Man sondrer ofte mellem to faser i udviklingen af den mekaniske fysik. Den første startede med Galileo Galilei (1564-1642) og endte med Newtons arbejder i 1680'erne, mens den anden starter med d'Alemberts forsøg med en ny matematisk formulering af Newtons fysik fra 1743 og ender med Lagranges og Laplaces arbejder omkring tiden for Den Franske Revolution. I løbet af anden halvdel af 1700-tallet etableres dermed den matematisk formulerede mekaniske fysik som en selvstændig videnskab. Den er nu helt formuleret i et algebraisk matematisk sprog, der på ingen måde ligner de fænomener, der beskrives. Fysikken er etableret som en universel videnskab, der beskæftiger sig med de egenskaber, som naturen har i sin fulde almenhed.

Samtidig sker der også en etablering af kemien som selvstændig videnskab. Det er først og fremmest igennem teoridannelser, der muliggør, at den kan blive kvantitativ, dvs. at man kan måle på de kemiske reaktioner. At to stoffer reagerer med hinanden, og at der kommer noget nyt ud af det, er en almindelig erfaring. Men hvordan de talmæssige forhold i en sådan reaktion er, det er straks sværere at svare på. En række kemikere, måske først og fremmest franskmanden Antoine Laurent de Lavoisier (1743-94), begynder at udføre kemiske eksperimenter, hvori der vejes og måles. Det var muligt, fordi målemulighederne i løbet af 1700-tallet var forbedret utroligt. Man frembragte måleskalaer og forbedrede instrumenterne og deres nøjagtighed, og det resulterede bl.a. i teorier om, at de kemiske stoffer var sammensat af såkaldte grundstoffer. Man begyndte også kvantitativt at studere fysiske fænomener som varme, magnetisme og elektricitet, der ikke umiddelbart lod sig forstå mekanisk.

I slutningen af 1700-tallet har man således mulighed for at formulere et mekanisk og deterministisk verdensbillede. Verden er et stort mekanisk system styret af få – muligvis kun én – lovmæssighed, og det er beskriveligt og forudsigeligt med matematiske midler, forstået som ligninger. Disse lig-



De store fremskridt inden for kemien opstod især ved hjælp af nye målingsapparater. Her ses en planche fra Lavoisiers *Traité Élémentaire de Chimie* · History of Science Collections, University of Oklahoma Libraries.

ninger er differentilligninger. Ud fra et antal observationer af verdens tilstand på et givet tidspunkt – dvs. man har målt værdierne af en lang række parametre – er det muligt at løse ligningssystemet og dermed forudsige verdens tilstand på et vilkårligt senere tidspunkt. Så-

dan beskriver Laplace i 1796 solsystemet, og denne beskrivelse er for ham og hans samtidige en beskrivelse af selve verdenssystemet.

For mange af oplysningsfilosofferne var verden i sin helhed en stor maskine. Det gjaldt bl.a. Paul Holbach (1723-89) og Julien de La Mettrie (1709-51). Laplace var klar over, at hvis verden var totalt determineret, ville man kunne forudsige dens gang, og teoretisk set med 100 procents sikkerhed og nøjagtighed. Men enhver måling involverer i praksis usikkerhed. Dette skyldes, at måling og observation er psykologiske processer, der er subjektive. Problemet er så, om fysikeren som observator også er en del af virkelighedens maskine. For Descartes var der tale om, at virkeligheden bestod af tre slags elementer: Gud, subjektet og naturen. Erkendelsen fremkom i et samspil mellem disse. Mange tænkere i midten af 1700-tallet arbejdede stadig med ideer om, at tænkning og sansning i virkeligheden var en art Guds indgriben i verden, fordi bevidsthed og tænkning ikke kunne opstå i en rent mekanisk verden. Så mennesket som krop, som mekanisk organisme,

kunne ikke i sig selv være ansvarlig for tænkning og erkendelse. Gud måtte have en rolle. I løbet af 1700-tallet blev det dog mere og mere almindeligt at formulere problemet uden brug af Gud. Sansning og erkendelse var naturlige processer. Men spørgsmålet om, hvordan det var muligt for mennesket som tænkende væsen at erkende en mekanisk verden, stod stadig åbent.

Hen imod slutningen af 1700-tallet var der etableret en generel opfattelse af, at hvis mennesket skulle have viden om sig selv og sin omverden, skulle det ske igennem videnskaben. Videnskaben var en organiseret aktivitet, der baserede sig på observation og måling. Den udførte eksperimenter, der sikrede, at dens påstande om, hvordan verden var indrettet, ikke var vilkårlige, men objektive. Og observationer, i form af målinger og eksperimenter, skulle være gentagelige, således at resultaterne ikke var udtryk for personlige præferencer eller kulturelle fordomme.

Inden for en række felter havde videnskaben også leveret store resultater, der ikke blot gav interessante billeder af, hvordan verden var indrettet, men også muliggjorde løsning af væsentlige praktiske problemer. Forståelsen af videnskaben som teoretisk aktivitet var også ændret. Man stræbte ikke mod en beskrivelse af verden i dens enorme mangfoldighed og kompleksitet, men ville derimod anlægge et bestemt perspektiv, se grundlæggende strukturer og foretage abstraktioner. Hver videnskab havde sin egen autonomi. Hvor man i 1600-tallet havde set fysik og kemi som stort set samme typer af videnskab, kaldet naturfilosofi, så var man nu klar over, at der var stor forskel på de to. At etablere forskellige slags autonome videnskaber, hvor hver enkelt dækker hele universet på hver sin måde, er et væsentligt skridt i retning af en videnskabelig verdensopfattelse.

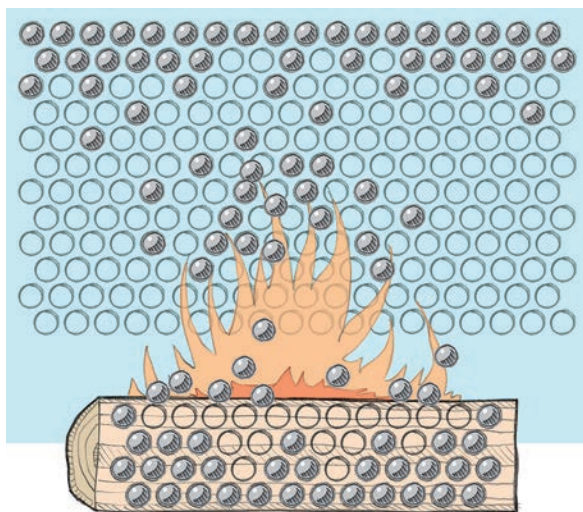
Videnskaben var ikke længere et forsøg på én sammenhængende verdensbeskrivelse, en art total metafysik, men en række forsøg på at anlægge et bestemt abstrakt perspektiv. Fysikken beskrev den fysiske verden, kemien den kemiske osv. Ved hjælp af grundbegreber kunne man fokusere på ganske bestemte træk ved virkeligheden, der dermed under et bestemt abstrakt synspunkt kunne gøres til genstand for utroligt præcise beskrivelser. Videnskaben bidrog dermed til at skabe indtrykket af forskellige verdener – den kemiske, den økonomiske osv. Men samtidig hang disse videnskaber sammen, og sammenhængen var netop den videnskabelige *metode*. Denne lærtes først og fremmest fra den mekaniske fysik og studiet af solsystemet. Det er således karakteristisk, at da filosofen og økonomen Adam Smith (1723-90) skulle

undervise i videnskabelig metode, gjorde han det ud fra en lærebog i astronomiens historie, som han selv skrev.

I slutningen af 1700-tallet er der således etableret en grundopfattelse af, hvad videnskab er, hvad videnskab bygger på, og af hvilken videnskab, der er den mest udviklede. Observation, måling og eksperiment er grundlaget, og kun herigennem kan man sikre, at videnskabelige teorier har relation til virkeligheden og ikke bare er spekulative. Senere i 1800-tallet er der videnskabsmænd, der næsten identificerer videnskab med måling. Et godt eksempel på målingens betydning er diskussionen i kemien om forbrænding. I 1700-tallets begyndelse mente mange kemikere, at forbrænding var en proces, hvor et særligt stof – “phlogiston” – udskiltes. Et metal bestod f.eks. af et stof B samt phlogiston. Når stoffet iltedes, f.eks. rustede, så blev der afgivet phlogiston, og stoffet B var tilbage. Når man så igen påvirkede B ved at opvarme det med f.eks. trækul – et meget brændbart stof, hvilket betød, at det indeholdt meget phlogiston – så overførtes der phlogiston til B, og det blev igen til metal.

I dag ville man sige, at B ikke var et grundstof, men netop en forbindelse med metal og ilt, men dengang kendte kemikerne ikke til sådanne begreber. Hvis man kalder metallet B+P og det af-phlogistonerede stof for B, så skulle man jo antage, at B+P ville veje mere end B alene. Det viste sig dog ikke at være tilfældet, når man vejede alt med. Konklusionen blev, at enten var phlogiston et mærkeligt stof med negativ masse, eller også var teorien gal.

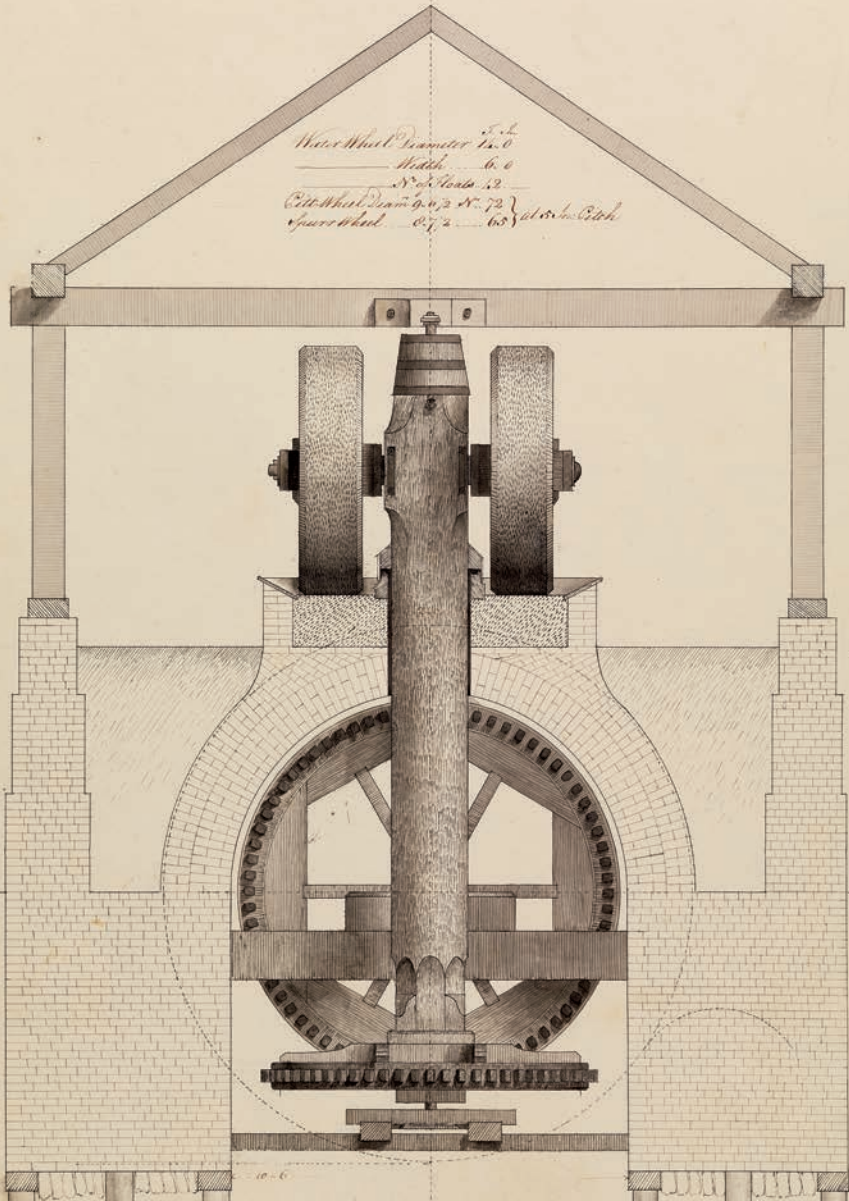
Tegningen, der er udført af fysikeren og ingeniøren John Smeaton i 1771, viser et tværsnit af en vandmølle med overfaldshjul, som han konstruerede i Waltham Abbey, Essex · Royal Society.



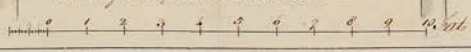
Ifølge phlogiston-teorien er forbrænding en proces, hvor stoffet “phlogiston” frigives. Når træ, metal eller stearin brænder, frigiver de deres indhold af phlogiston til omgivelserne. Når f.eks. træ brændes, forsvinder phlogiston (her repræsenteret ved sølvkuglerne), og tilbage bliver den phlogistonløse aske. Derudover har luften en begrænset kapacitet for, hvor meget phlogiston, den kan indeholde, og det skulle så være grunden til, at stearinlys går ud i en lukket beholder. Der var masser af problemer med teorien, bl.a. at mange metaller blev tungere efter forbrænding, hvilket jo ikke hang sammen med, at de burde frigive stof. Problemet forsøgte man bl.a. at løse ved at foreslå, at phlogiston besad negativ masse. Under alle omstændigheder var denne teori trods alt bedre end ingen teori overhovedet.

Upright for W. Walton's POWDER MILL at Waltham Abbey.

Water Wheel Diameter 12.0
Width 6.0
N^o of Staves 12
Water Wheel from 9.0 to 11.72
Spur Wheel 0.72 60 } *at 100 lbs. each*



Scale of Feet 2. inch to a Foot.



Amalton 1771

Måling tvang altså kemikerne til at overveje situationen, og da ideen om stof med negativ masse var yderst uplausibel, måtte man revidere phlogiston-teorien. Lavoisier var den første, der fremførte den alternative teori, at metal ikke bestod af to stoffer, men var et grundstof, der reagerede med et stof i luften – han kaldte det oxygen – og at trækul, som var brændbart, ikke var brændbart, fordi det indeholdt meget phlogiston, men at det reagerede med luftens ilt.

Oplysningsfilosofferne og tidens videnskabsmænd var vældigt optagne af det praktiske. De havde godt nok mange teoretiske anskuelser, men observation, måling og eksperiment i sig selv egnede sig også til at løse praktiske problemer. Selvom man ikke havde god teoretisk forståelse af et felt, kunne man anstille forsøg. Et kendt eksempel er den engelske fysiker og ingeniør John Smeatons (1724-92) forsøg med vandhjul. Han foretog dem for at finde ud af, om overfaldshjul eller underfaldshjul var de bedste. Han mente på baggrund af omfattende målinger, at overfaldshjul var bedst. Han havde ingen teori om energi, så der var alene tale om rent a-teoretiske empiriske forsøg.

Hume og Kant

Den skotske filosof David Hume (1711-76) fremlagde i årene omkring 1750 en teori om den menneskelige erkendelse, som var mere radikal end Lockes og de fleste af de franske oplysningsfilosoffers. Hvor de helt klart mente, at der fandtes en materiel verden, som påvirkede vore sanser og dermed gav anledning til erkendelse, var Hume mere skeptisk. Ifølge ham var det eneste, man med sikkerhed kunne vide, at der var en sammenhæng mellem sanseindtryk og begreber – altså at erkendelse var et resultat af noget, der havde med sanserne at gøre. Om der rent faktisk var noget, der påvirkede sanserne, var umuligt at bevise, idet det ville kræve, at vi kunne percipere sammenhængen imellem dette noget og sanseindtrykket. Men selv dét ville jo blot være et sanseindtryk osv. Når jeg således ser en rød postkasse, så siger Hume, at jeg alene kan være sikker på, at jeg har et rødt postkasseagtigt indtryk. Derefter antager jeg, at der er en rød postkasse, som er årsag til dette indtryk – selve ordet “indtryk” siger jo, at der må være noget, der trykker, og noget der trykkes – men jeg kan ikke være sikker på, at der faktisk er en sådan rød postkasse.

Hume kritiserer selve årsagsbegrebet, som vi jo bruger, når vi slutter fra indtryk (effekten) til det materielle objekt (årsagen). Vi antager nemlig, at sammenhængen mellem årsag og virkning er en *nødvendig* sammenhæng. Men reelt er der intet i vores erfaring, der viser os denne nødvendighed. Erfaringen viser kun, at fænomener forekommer sammen, men vi kan ikke deraf slutte, at det altid vil forholde sig sådan. For Hume er store dele af erkendelsen således ikke grundet på nødvendige principper, men derimod på træk ved den menneskelige natur, f.eks. at vi tillægger sammenhænge nødvendighed, selvom den faktisk ikke er der. Når vi tilpas mange gange har observeret en sammenhæng, så opfatter vi denne sammenhæng som en lovmæssighed. Den materielle verden, årsagssammenhænge, det enkelte menneskes jeg – alle disse centrale begreber i vores normale dagligdagsopfattelse af verden og os selv – udsatte Hume for en skeptisk kritik. Men hans kritik ramte ikke kun en række af vore mest centrale dagligdagsbegreber, den ramte også en bestemt forståelse af naturvidenskaben – nemlig forestillingen om, at denne gav sikker viden om nødvendige kausale forhold i den materielle verden, og at den eksisterede uafhængigt af videnskabsmanden.

Hvis Hume havde ret i sin opfattelse af erkendelsen, så var der problemer med forståelsen af videnskaben – store problemer. Det interessante er imidlertid, at Hume faktisk havde Newtons fysik som sit erkendelsesideal, idet han ville skabe en lige så stringent teori om mennesket, dets natur, dets moral og dets erkendelse. Som Newton afledte naturens mange fænomener fra et lille antal simple og klare love, så ville Hume aflede en teori om mennesket fra få simple love, der var ubetvivleligt sande. Problemet var bare, at når man gjorde dette, måtte man tvivle på principielt alt. Ikke i Descartes' forstand, men ud fra et princip om, at hvad der ikke forelå som resultat af sansning, det var tvivlsomt, og så blev der meget lidt sikker viden tilbage. For Hume accepterede bestemt ikke Descartes' argumenter for hverken selvet som et eksisterende jeg, for Gud som det nødvendigvis eksisterende

Kom ikke her med dit "hændelser, der følges ad, er ikke altid kausalt forbundne!" Det er dit!



David Hume giver et eksempel i værket *Afhandling om den menneskelige natur*: "Vi husker at have set en flamme og have følt en oplevelse af varme. Samtidig husker vi at de altid følges ad. Uden videre kalder vi det ene 'Årsag' og det andet 'Effekt' og slutter, at eksistensen af det ene skyldes det andet." Derfor er årsagssammenhænge ifølge Hume et produkt af observationer, en bevidsthedens vane, og potentielt ligeså fiktive som optiske illusioner.

eller for Gud som garant for erkendelsens objektivitet. Hverken selvet eller Gud kunne for Hume foreligge som resultat af sansning.

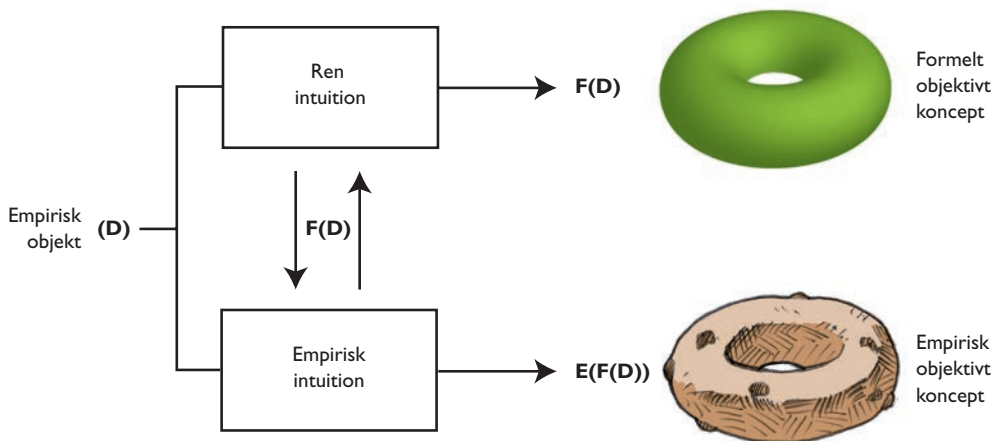
Humes skeptiske erkendelsesteori fik den tyske filosof Immanuel Kant til at vågne af, hvad han selv kalder “sin dogmatiske slummer”. Der måtte gives et svar, der stadfæstede naturvidenskaben som en objektiv erkendelse – og ikke bare erkendelse med rod i menneskets psykologi. Kant foretog en nyfortolkning af, hvordan naturvidenskaben i form af en matematisk og mekanisk fysik er mulig. Hume havde for så vidt ret i, at den kun er mulig baseret på menneskets subjektive egenskaber. Men disse er ikke blot og bart empirisk konstaterbare. De har karakter af nødvendige betingelser. Verden består således af en lang række erfaringer, som et subjekt har. For det første må der altså være tale om et subjekt, der har disse erfaringer. Subjektet er ikke selv noget, der kan være en erfaring af, men det er derimod en betingelse for erfaring. Erfaringerne har derudover bestemte egenskaber – dvs. subjektet må nødvendigvis erfare verden i en bestemt form. Den må fremtræde i rum og tid, og den må fremstå som struktureret på en bestemt måde, først og fremmest som struktureret via kausale sammenhænge.

Hvis vi borttænker tingene og tænker os det tomme rum, så kan vi ikke yderligere borttænke rummet, for så er erfaring af ting overhovedet ikke mulig længere. Begivenheder må udfolde sig i tid, og begivenheder må hænge sammen, og denne sammenhæng er netop den kausale sammenhæng. Hvis begivenheder fulgte hinanden vilkårligt, ville erfaring være umulig, hævder Kant. Visse ting sker i en bestemt rækkefølge som en sammenhæng, mens andre sker tilfældigt og uden sammenhæng. Denne distinktion er nødvendig for, at vi overhovedet kan have erfaring. Og den er jo også åbenlyst en forudsætning for, at vi overhovedet kan lære noget. Kant foretager hermed, hvad han selv kalder en “kopernikansk vending” ved at lokalisere muligheden for naturvidenskaben i subjektets natur og situation. Man kan dog sige, at der nok snarere er tale om en “omvending” af den kopernikanske vending, idet Kopernikus jo flyttede verdens centrum fra det sted, hvor mennesket har til huse, Jorden, og til Solen, mens Kant flytter verdens natur fra en materiel objektiv verden til subjektet. Men hvis naturen i den form, hvori vi kan erkende den, har sine egenskaber fra subjektet, hvor er så subjektet? Hvis det er forudsætning for tid og rum, er det måske ikke selv i tid og rum?

Med Kant kommer et problem til kulmination, der har været til stede hele tiden siden fremkomsten af mekanisk naturvidenskab. Descartes

accepterer, at naturen som objekt for naturvidenskab kun er en del af virkeligheden, men i slutningen af 1700-tallet bliver dét mere og mere problematisk. For Kant er det klart, at mennesket først og fremmest er et både moralsk handlende og et erkendende væsen. Som erkendende oplever det sig som deltager – qua sin naturlige krop – i en verden af nødvendighed. Men som handlende, moralsk handlende, er mennesket et frihedens væsen. Selve samspillet og sammenhængen mellem subjektet som udgangspunkt for moralsk handlen og som udgangspunkt for naturvidenskabelig erkendelse forbliver et problem for Kant. For ham kan både kunsten og selve opfattelsen af naturen som et formålsbestemt system være formidlere. Oven over det hele svæver en art subjektiv fornuft, der kan manifestere sig på flere måder. Én af dem er den videnskabelige erkendelse, hvor der gælder visse begrænsninger i udfoldelse af fornuften: den bliver begrænset til at være “forstand”. Dette gælder alle former for fornuft: når den skal udfolde sig, sker det under visse begrænsninger og i visse former. At undersøge og bestemme disse begrænsninger og former er filosofiens opgave – det kalder Kant for kritik. Videnskab, moral, politik, kunst, religion har så hver deres måde at fungere som fornuft på. Der gives dog – ifølge Kant – ikke noget overordnet sæt af regler, sådan som Descartes troede, der gjorde, der kan bestemme fornuften som sådan. Den er altid kun fornuft i samspil med et materiale. Kunstens, moralens, videnskabens og religionens verden er på en vis måde altid den samme verden, nemlig den verden, som vi lever, handler og erkender i. Men samtidig er det også helt forskellige verdener. Kunsten er følelsernes, moralen er pligtens og frihedens, videnskabens er nødvendighedens og lovmæssighedens.

Kant opdelte videnskaben i to dele. Den første var den videnskab, der alene havde med selve tænkningens betingelser at gøre – det var logikken, og den havde intet konkret indhold. Den anden var al anden videnskab, dvs. den videnskab, der var afhængig af træk ved vores erfaring. Denne del var så ydermere opdelt, idet der var tale om forskellige træk ved vores erfaring. Aritmetik havde sit udspring i erfaring med tiden, geometri med rummet, fysik med omgang med materielle genstande, sådan som disse måtte foreligge i vores erfaring osv. Kant forsøgte sågar direkte at aflede Newtons mekanik ud fra en analyse af betingelser for erfaring med fysiske genstande. Biologi havde at gøre med erfaring om organismer. Men der var ikke nogen samlende videnskab, selvom Kant i sine seneste år var vældigt inspireret af



Kant opdelte intuitionen i to typer. Den ene er den rene intuition, som uafhængigt af fysiske objekter kan skabe en formel forståelse af et koncept, f.eks. en torus. Forudsætningerne for, at det kan lade sig gøre, er, at rum og tid er *a priori* repræsenteret i vores bevidsthed, dvs. umiddelbart og uden forurening fra erfaringer. Den anden er den empiriske intuition, som er den konkrete sansning af f.eks. en donut med rosiner. Men da den konkrete sansning forudsætter den rene intuition, kan vi mennesker kun lave fornuftsslutninger om konkrete ting i en syntese af formelle og empiriske koncepter.

kemiens udvikling imod en eksakt videnskab, sådan som Lavoisier bidrog til.

Det er imidlertid vigtigt at være opmærksom på, at Kants opfattelse af erkendelsen hele tiden havde basis i det, han kaldte *intuition*. Intuition var for Kant anskuelige forestillinger knyttet til vores erfaring, sådan som vi subjektivt oplever den. For Kant var det stadig den geome-

triske konstruktion, der var kernen i videnskabsforståelsen. D’Alembert, Lagrange og mange andre matematikere og fysikere, der formulerede rene algebraiske teorier, opfattede i stedet løsning af ligninger som kernen i den videnskabelige tænkning. Denne løsrivelse af de centrale videnskabelige begreber fra den umiddelbare intuition og anskuelighed – fra geometrien – bliver afgørende for videnskabens senere udvikling i løbet af 1800-tallet.

I oplysningstænkningen sammenkobles ofte naturvidenskab, etik og politik. Den oplyste naturforsker er fordomsfri, åben og baserer sin moral og sine politiske standpunkter på forestillinger om fornuftige løsninger til alles bedste. Livet for den enkelte og i samfundet skal modelleres efter de samme principper, som gælder for naturen. Det har været kaldt “scientisme”, fordi man ville bruge naturvidenskabens teorier som udgangspunkt for teorier om, hvordan samfundet burde indrettes, og hvordan man skulle formulere principper for den rette livsførelse.

Den videnskabelige metode – observation, eksperiment, måling – forsøgte således også anvendt på områder, hvor man ikke kan antage et ab-

straktionsniveau som i mekanikken. Det betyder, at man begyndte at grundlægge visse af de praktiske færdigheder på systematiske iagttagelser og målinger. Man gjorde viden nyttig og realiserede gamle drømme fra den naturvidenskabelige revolutions barndom. I forening med den teknologiske udvikling og udformningen af et nyt industrielt produktionssystem muliggjorde det en stor forfinelse i instrumenter og maskiner. Den begyndende industrialisering i 1700-tallets slutning var ikke særlig tæt knyttet til den teoretiske videnskab, men flere af oplysningstidens egne helte var både praktiske forskere, teknologer, moralister og politikere. Mest kendt er måske amerikaneren Benjamin Franklin (1706-90). Det blev et tema for 1800-tallet at sammenkoble den teoretiske og praktiske videnskab tættere og tættere, at få videnskab og teknologi til at gå hånd i hånd, ja næsten smelte sammen.

Revolution!

I 1789 starter Den Franske Revolution. I England starter lidt senere den industrielle revolution. I Amerika oprettes en republik baseret på oplysningstidens politiske idealer. Hurtigt efter erobrer Napoleon Bonaparte (1769-1821) store dele af Europa, og en helt ny europæisk situation udvikler sig. Samtidig sker der en række afgørende videnskabelige og tekniske nyskabelser. Englænderen John Dalton (1766-1844) formulerer en kemisk atomteori, der forsøger at redegøre for en række nyobserverede fænomener. Han antager, at al materie består af atomer, der være sig fast, flydende eller luftformig, og at materien derudover består af en række forskellige grundstoffer, der kan reagere kemisk med hinanden. Hvert grundstof består af atomer af en bestemt slags. Den eneste afgørende forskel imellem dem er deres vægt. Det lykkes at bestemme grundstoffernes indbyrdes vægtforhold, og i begyndelsen af 1800-tallet at gøre sig begrundede forestillinger om, hvor mange atomer der f.eks. er i et givet rumfang af en luftart. Udviklingen af den fysiske og kemiske atomteori er sat i gang. Det sker i øvrigt på baggrund af en interessant diskussion om, hvad kemiske sammenhænge egentlig er.

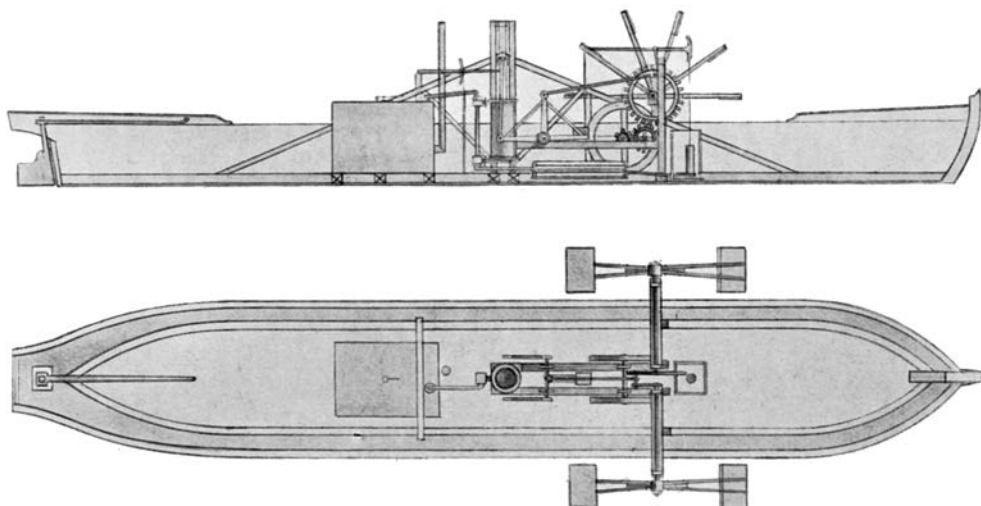
Nogle kemikere hævdede omkring år 1800, at grundstoffer kunne kombineres på mange måder og danne samme kemiske forbindelse. Natrium og klor kunne således i mange forhold danne salt. Kemikeren Joseph Louis Proust (1754-1826) mente ikke, dette var muligt. Hvis de to stoffer kombineredes, var det altid – uanset tid og sted – i samme forhold, hvis der skulle

dannes salt. Kemien var en naturvidenskab underkastet universelle love af samme art som dem, der fandtes i fysikken. Det var på basis af denne teori og dens empiriske evidens, at Dalton kunne formulere sin atomteori. Næsten samtidig formulerede lægen Thomas Young (1773-1829) en teori om lyset, der genoplevede Christiaan Huygens' (1629-95) bølgeteori og dermed gik imod Newtons atomteori. Det sket på basis af en række eksperimenter, der klart syntes at vise, at lys er bølger snarere end partikelstrømme.

I Paris samlede Napoleon mange af de bedste videnskabsmænd omkring de nye institutioner og læreanstalter, som revolutionen havde skabt. Bestræbelsen gik ud på at bringe videnskab og teknologi til folket i forhåbning om, at det ville forbedre samfundet. Kendtest er *École Polytechnique*, der blomstrede i Paris omkring år 1800. Her var tilknyttet en række matematikere og fysikere, som skulle uddanne militæringenieurere for at optimere Napoleons hære. Ambitionen var at erobre Europa og bringe de såkaldt nye tider til sejr. Det var direkte brug af videnskaben i opgøret med de gamle tider, ofte kaldet *ancien régime*.

I Paris arbejdede biologen og fysikeren Marie François Bichat (1771-1802) med mikroskop, og det begyndte at blive klart for ham, at de levende organismer ikke bare består af hjerter og lunger, hjerner og muskler, men at der er organisationsniveauer derunder. Der er f.eks. forskellige typer af væv, og måske typer af elementer i væv. Han kom tæt på at formulere en celledeteori. Rundt omkring i Europa arbejdedes der også med varme og elektricitet. Italieneren Alessandro Volta (1745-1827) tog til Paris for at vise Napoleon sit nyligt konstruerede elektriske batteri, og Napoleon gjorde ham begejstret til greve.

Samtidig udspillede begyndelsen til en ny opfattelse af naturens historie. Den svenske botanist Carl von Linné (1707-78) havde beskrevet og kategoriseret mange af de biologiske arter og dermed grundlagt den moderne taksonomi. Franskmanden Georges Buffon (1707-88) havde allerede i 1770'erne fremlagt teorier om, at Jordens overflade forandrer sig meget igennem tiden, men at disse forandringer skyldes, at de samme kræfter til alle tider er virksomme. Englænderen James Hutton (1726-97) – en af den skotske oplysningstids store tænkere udover Adam Smith – fremlagde en mere radikal teori om Jorden, som stred klart imod kristendommens forestillinger. Hutton anså Jorden for næsten evig, men foranderlig. De forskellige tilstande, den har været i, er resultat af fysiske kræfter såsom erosion



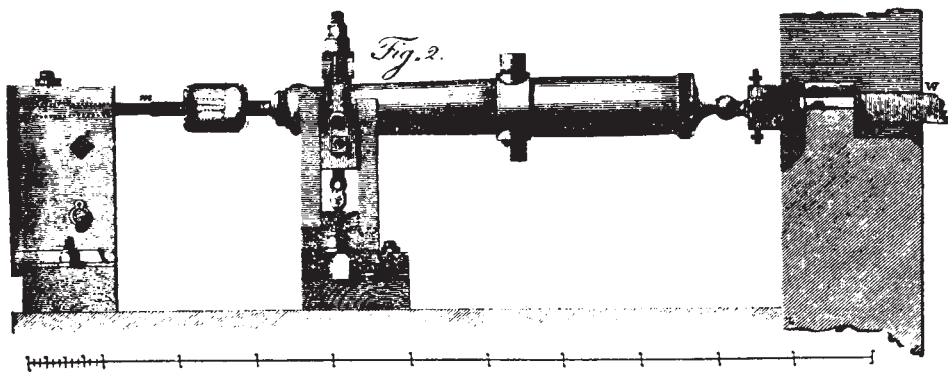
og sedimentering. Geologien skulle give helt andre forklaringer senere, men på basis af samme teoretiske udgangspunkt.

Biologerne Georges Cuvier (1769-1832) og Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) var uenige om, hvordan man skulle tolke de mange opdagelser, man gjorde i forbindelse med biologiske undersøgelser, f.eks. fund af fossiler. Var disse rester af uddøde arter, eller var de forløbere for de nuværende arter? Cuvier mente, at Jorden var langt ældre end de ca. 6000 år, man kunne regne sig frem til ud fra Bibelens forskellige tidsoversigter, og han mente også, at fossiler var rester af for længst forsvundne livsformer. Han udviklede en slags generaliseret syndflodshypotese, ifølge hvilken de fossilerede livsformer var gået til grunde, og de nulevende var de overlevende. Hans opponent Lamarck mente, at arter udvikler, forandrer og tilpasser sig. Reelt var fossiler ikke efterladenskaber af uddøde arter, men forløbere for de i dag eksisterende arter. At man overhovedet kunne starte en diskussion af organismernes historie og udvikling skyldtes, at man så småt begynde at forestille sig, at Jorden var langt ældre end hidtil havde antaget.

Mange andre steder var der lignende nybrud. Den tidligere nævnte kemiker Lavoisier havde fremsat den teori, at varme var en væskelignende substans, *caloric*, der fandtes i genstande, der kunne blive varme. Det er

Første gang den amerikanske ingeniør og opfinder Robert Fulton (1765-1815) præsenterede en model til en dampbåd for Napoleon, svarede han: "Vil De få et skib til at sejle mod vind og strøm ved at tænde et bål under dets dæk? Ved Gud, De må undskyldte mig, men jeg har ikke tid til det vrøvl." Men den 9. august 1803 sejlede den første dampbåd op ad Seinen med en hastighed på 5 km/t og med en stor menneskemængde som tilskuere. Her ses Fultons skitser til dampbåden. Fulton var også manden bag den første fungerende ubåd *Nautilus*.

Rumfords apparat til udboring af kanoner.



den forestilling, der ligger bag udtrykket om, at noget indeholder mange kalorier, dvs. kan producere megen varme. En varmemaskine som f.eks. en dampmaskine virker ifølge denne teori, fordi varmen i form af caloric så at sige flyder igennem den – den er en art caloric-mølle.

I München arbejdede den amerikanske ingeniør og fysiker Graf von Rumford (1753-1814) med at producere kanoner. Når han borede dem ud, blev metallet varmt. Rumford bemærkede, at når boret blev uskarpt, så blev kanonens metal mere varmt. Hvis varme var en egenskab ved metallet – som altså indeholdt kalorier, der blev frigjort ved boringen – så burde et uskarpt bor frigøre mindre varme, idet der jo så blev boret mindre effektivt. Virkeligheden viste sig omvendt, og teorien gik imod den faktiske observation. Varmemængden var altså ikke afhængig af metal-mængden, men snarere af arbejds-mængden. Varme og arbejde var proportionale, og Rumford mente derfor, at de havde noget med hinanden at gøre. Varme kunne ikke være en substans i sig selv. Først langt senere i 1800-tallet fik man hold på, hvad varme egentlig er.

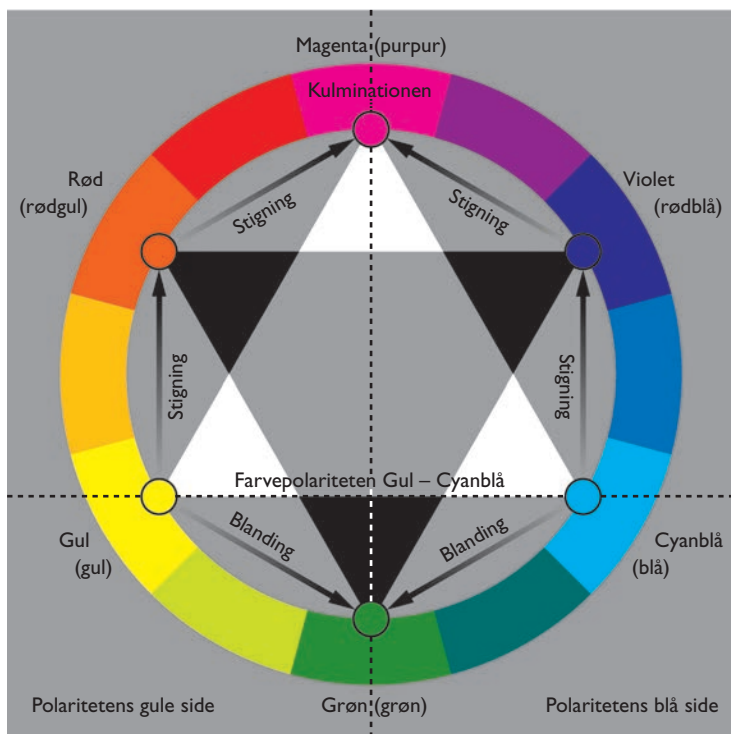
Samtidig udviklede varme-teknologien sig voldsomt. Dens væsentligste former var dampmaskine, dampskib og senere jernbane og damplokomotiver. Også omkring år 1800 eksperimenterede englænderen Henry Maudslay (1771-1831) med at udvikle en drejebænk, der kunne sikre, at man kunne producere virkelig nøjagtige metalgenstande. Maudsleys drejebænk blev det basale redskab i den industrielle revolution. Kul, støbejern og stål var råmaterialerne, dampmaskinerne leverede energien og udførte store dele af arbejdet – men uden drejebænken ville det være umuligt reelt at producere

de metalgenstande, som det hele var baseret på. Maskiner var ikke længere først og fremmest instrumenter som f.eks. ure, sådan som opfattelsen havde været i 1600-tallet. I 1800-tallet var maskiner dampmaskiner og drejebænke, og energi og præcision de centrale kvaliteter.

Romantisk videnskab

I slutningen af 1700-tallet kom der en reaktion imod oplysningstidens idealer om en universel fornuft. Det skete især inden for de områder, som oplysningstiden havde udpeget som ikke-viden. Det var inden for kunsten, at den først kom, og senere også i høj grad inden for det politiske, hvor det universelle blev erstattet af det lokale og det nationale. Der var ikke tale om en samlet reaktion, og de videnskabelige og filosofiske hovedpositioner, som oplysningstiden havde frembragt, fortsatte uændrede – endda i høj grad uændrede af de store politiske omvæltninger, der skete omkring år 1800 i Europa. Men alligevel kan man tale om, at oplysningstidens opfattelse af erkendelse og videnskab blev påvirket af de nye strømninger. Etableringen af enkeltvidenskaberne havde opløst helhedsopfattelsen af verden og mennesket og i stedet knæsat naturvidenskaben som den “egentlige” erkendelsesform og sansningen som den “egentlige” kilde til erkendelse. Dermed var betydningen af filosofi, kunst og religion i høj grad blevet begrænset.

Allerede i sin såkaldte litterære Sturm und Drang-periode arbejdede Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) med naturvidenskabelige problemstillinger. Han var optaget af spørgsmål om, hvilket billede videnskaben gav af naturen, og af sammenhængen imellem natur og menneske. Han antog en anden sammenhæng end blot den, at mennesket observerede naturen, og at naturen var en i og for sig død mekanisme. Både biologiske og fysiske fænomener interesserede ham. Han anskaffede bl.a. prismer for at gøre forsøg med lys og farver. Han var af den opfattelse, at når man tog et prisme og så igennem det imod en lyskilde, der udsendte hvidt lys, ville man kunne se forskellige farver. Det var så at sige omvendt af Newton, der sendte lys ind på en skærm og betragtede denne. Goethe pegede lyset mod sig selv, satte sig selv i skærmens sted. Til sin store skuffelse så han intet farvespektrum og ej heller lyskilden i en bestemt farve. Han så derimod dele af spektret i forbindelse med pludselige overgange mellem lyst og mørkt. Hvis han så imod et hvidt stearinlys på en mørk baggrund, så var én del af spektret på



Goethe samlede sine studier af farverne i en farvecirkel, som indeholder både de farver, som Newton så i sine prismeforsøg (repræsenteret ved den mørke trekant: rød, violet og grøn), og de farver, som han selv så i sine undersøgelser af skygger og i overgangen mellem lys og mørke (repræsenteret ved den lyse trekant: magenta, cyanblå og gul). I farvecirklen genkender man alle de lovmæssigheder om farveblandinger, om polariteter, komplementariteter og farvestigninger, som farverne følger overalt i naturen. Og fordi genkendelse ifølge Goethe er harmoni, kaldte han sin farvecirkel "den harmoniske farvecirkel".

den ene side af lyset og den anden del på den anden side. Hvis han så imod et sort lys på hvid baggrund, var det lige omvendt. Goethe mente med sine eksperimenter at have modbevist Newton. Newtons teori var slet ikke en teori om farver, hævdede han. Muligvis var det en teori om, hvordan små partikler med forskellige hastigheder opførte sig, men det var under ingen omstændigheder en teori om farver.

Hvis farver er noget subjektivt, så er studiet af dem knyttet til psykologien, men hvis farver er knyttet til materielle genstande, så må studiet af dem være en del af fysikken eller kemien. Goethe mente, at hvis man laver en teori om farver, der i virkeligheden hævder, at der ikke findes noget farvet, men at farver er et mentalt, subjektivt fænomen, forårsaget af bestemte fysiske egenskaber ved materielle genstande – så må konklusionen nødvendigvis være, at fysikken slet ikke studerer den verden, vi mennesker faktisk lever i. Eller sagt med andre ord: hvis fysikken hævder, at farvede genstande er illusioner, at farverne så at sige ikke er materielt virkelige, men kun findes i menneskers bevidsthed, så er der efter Goethes opfattelse noget galt med fysikken. Hvem har nu ret? Er de grønne træer og de røde roser slet ikke grønne og røde, men genstande uden farve, der har sådanne egenskaber, at

de giver anledning til oplevelse af grønt og rødt i vores bevidsthed, eller er de faktisk grønne og røde, også når ingen ser på dem? Påstanden om, at de kun er røde og grønne, når nogen ser på dem, er i filosofiens historie kendt som et standpunkt kaldt subjektiv idealisme, som den irske biskop George Berkeley (1685-1753) indtog.

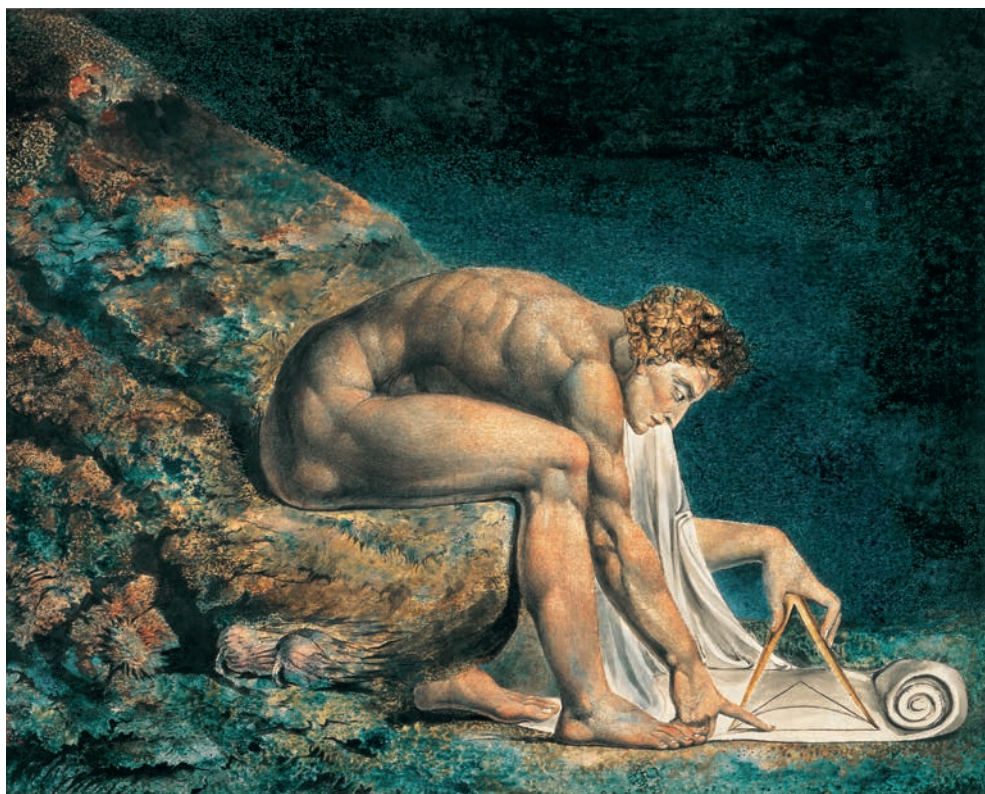
Goethes opfattelse af farver fik stor indflydelse inden for psykologien og humanvidenskaberne, og mange af hans begreber bruger vi stadig: varme og kolde farver, dvs. ideen om at farver har en slags temperatur, komplementfarver, dvs. ideen om at farver har en begrebsmæssig struktur, der ikke er spektrets – hvor de jo ikke ligger over for hinanden, som i en cirkel, men i et bånd, dvs. kun ved siden af hinanden eller langt fra hinanden. Han kunne også forklare fænomener som farveblandinger af f.eks. gul og blå, der bliver til grøn, og farvestigning fra f.eks. gul til orange, som opstår, når man fylder en glastrappe med gul væske, hvor nederste trin vil have farven gul, men jo flere trapper der fyldes, jo tættere og mere orange vil farven blive.

Det centrale i kontroversen mellem Goethe og Newton er imidlertid de to helt forskellige naturbegreber, der er i spil. For Newton drejede det sig om at give en beskrivelse af en objektiv natur, der eksisterer uafhængigt af mennesket som observatør. Goethe, derimod, ønskede at give en beskrivelse af den natur, som mennesket oplever og befinder sig midt i. Og han ønskede en videnskab – en erkendelse – der ikke skiller sig ud i bestemte enkeltvidenskaber, og altså ikke accepterer, at f.eks. et fænomen er psykologisk, og et andet er fysisk, og at de derfor skal beskrives og forklares helt forskelligt. Han ønskede derimod en helhedsorienteret videnskab, der ikke indebar et skarpt skel imellem den observerede verden og det observerende subjekt.

Goethes bestræbelser deltes af mange filosoffer og forskere. Man talte om “naturfilosofi”, en form for erkendelse, der skulle forene empirisk observation, subjektiv intuition, æstetisk og religiøs følsomhed og give en sammenhængende forståelse af mennesket og dets plads i universet. Denne helhed blev forstået som en art åndelig helhed, noget nær en åndelig organisme, hvor de enkelte elementer var en slags organer. Det førte til blik for træk ved naturen, som en strengt mekanisk opfattelse ikke kunne finde frem til: mangfoldighed, udvikling og forandring, sammenhæng i form af gensidig afhængighed. Efter Kant havde de fleste filosoffer draget den konklusion, at virkeligheden, som den forelå for os, var af åndelig eller subjektiv natur, og at det afgørende strukturerende element i den var subjektet.

Filosoffer som Johann Gottlieb Fichte (1762-1814) og Friedrich Wilhelm Joseph Schelling (1775-1854) fremlagde opfattelser, der hævdede, at naturen var subjektiv af væsen, at den nærmest var at betragte som den proces, hvorigennem et subjekt bliver bevidst om noget, herunder specielt sig selv. Træk ved subjektiviteten ville derfor være centrale også for naturen. Studier af følelser og andre subjektive processer var derfor af naturvidenskabelig relevans. For disse naturfilosoffer var især de dynamiske processer i naturen af betydning. Eksempler på sådanne, der blev grundigt eksperimentelt undersøgt, men som ikke blev tilsvarende forstået, er elektricitet og magnetisme. Disse fænomener er karakteriserede ved at være polære og ved kun at kunne studeres i deres dynamiske effekter. Det er igennem tiltrækning og frastødning, at vi erkender, at et stof er magnetisk, eller at noget er elektrisk ladet. Schelling var overbevist om, at naturen og jeget var i interaktion, men ikke altid om, at naturen var frembragt af jeget, men snarere, at naturen og jeget var en helhed, der udviklede sig i en dynamisk proces.

Alle fænomener var udslag af ét og samme urfænomen. Goethe havde studeret især planters udvikling og vækst og bemærket tendenserne til, at noget komplekst altid var fremkommet af noget mere simpelt eller elementært, der i sig havde kimen til det komplekse. Schelling mente, at f.eks. alle de kræfter, der var i naturen og i mennesket, kunne oversættes eller konverteres til hinanden. Studier af arbejde og varme, af kemiske reaktioner og varme, og af varme og lys – alt dette syntes at vise dynamiske sammenhænge. F.eks. så man, at meget varmt metal netop ikke kun var varmt, men også glødende, lysende. Kraft, udvikling og dynamik var centrale træk ved både det menneskelige følelsesliv, specielt som det kom til udtryk i kunsten, og i naturen. En mekanisk natur og en rationel fornuft var kun vage og misvisende billeder på, hvordan virkeligheden egentlig var. I stedet præsenterede de romantiske naturfilosoffer et billede af virkeligheden som en stor organisme, som besjælet og sammenhængende. Konkret fik naturfilosofien ikke de store videnskabelige følgevirkninger, men den inspirerede til opposition mod et reduktionistisk og mekanisk naturbegreb, og mod opsplitningen af erkendelsen og udgrænsningen af kognitive processer som følelser og intuition.



Geniet på arbejde

På to områder kan man dog alligevel sige, at den romantiske naturfilosofi har haft stor indflydelse. Det ene er i ideen om, at erkendelse og kreativitet har en særlig relation hos bestemte individer – genierne. Geni-tanken findes allerede hos Kant, men det er hos de egentlige naturfilosoffer og romantiske idealister, at forestillingen om, at sand erkendelse kun kan nås af bestemte individer med særlig relation til naturen og “det guddommelige”, finder fuld blomstring. Geni-tanken er stadig levende i dag, hvor både store kunstnere og store videnskabsmænd opfattes som genier.

Modsætningen til geni-tanken er den mere rationalistiske, at alle mennesker fundamentalt set har samme evner, og at der inden for videnskaben kan opstilles regler og metoder, som, hvis de følges, vil give resultater i form af ny erkendelse. Det oplyste og rationelle menneske med de balance-rede følelser er et demokratisk, næsten republikansk, individ, der ser sig selv som én blandt ligemænd og -kvinder, og ser den fælles udvikling som målet.

For den engelske digter og maler William Blake (1757-1827) var Newton det ensomme geni, der alene i oceanets dyb og i fuldendt sammensmeltning med naturen tænkte og regnede sig frem til dens hemmeligheder. William Blake: *Newton*, 1795 · Tate Gallery, London.



Forskning og undervisning skulle baseres på en forestilling om, at videnskaben var et åndsaristokrati. Her ses naturvidenskabsmanden og den opdagelsesrejsende Alexander von Humboldt (1769-1859) alene i sit bibliotek, malet af Eduard Hildebrandt (1818-69) i 1856. Bpk/Kunstabibliotek.

I modsætning hertil er geniet det usædvanlige individ, der har særlige evner, ser noget særligt og er "forud for sin tid". Genitanken lever kraftigst inden for kunsten, mens videnskabens verden efterhånden organiseres på måder, der i højere grad understreger det fælles projekt. Senere kommer

der en ny type erkendelses-arbejder til: eksperten. Eksperten er ikke et geni, men heller ikke lige med de andre. Vedkommende har særlige evner og privilegier i kraft sin specialiserede viden og sin videnskabelige uddannelse.

For de romantiske naturfilosoffer var frihed i betydningen åndelig frihed noget helt afgørende, ligesom frihed også var blevet et vitalt politisk begreb som følge af de europæiske revolutioner. Det særlige fokus på åndelig frihed satte sig spor i universitetet, især i form af ideen om akademisk frihed. Universiteterne havde indtil omkring 1800 primært været læreanstalter i ordets egentlige betydning, og forskning og tænkning var foregået i akademier. Oplysningen og især Den Franske Revolution havde ført til dannelsen

af særlige special-skoler, der skulle uddanne videnskabeligt trænede specialister. Det skete som førnævnt inden for militærteknologi og inden for andre af de fremvoksende teknologier, der krævede andet og mere end håndværksmæssig kunnen. Det blev til den franske tradition for “grandes ecoles”.

Universitetet i Königsberg, hvor Kant underviste hele sit liv, var en skole med under 1000 studerende og få lærere, som man antog kunne undervise i praktisk taget alt. Der var ingen ide om specialisering og slet ingen ide om forskning, og opgaven var først og fremmest at uddanne embedsmænd, der kunne være statens tjenere.

Hen imod slutningen af sit liv formulerede Kant nogle nye tanker om universitetet og specielt om filosofiens rolle på universitetet. Filosofien skulle ikke være tjener eller indledende emne, men være kronen på værket – det helheds-synspunkt, hvorunder alt andet skulle ses. For Kant var det vigtigt, at dette helhedssyn var forpligtet på sandhed og kun sandhed, og ikke på nytte, på at tjene staten eller fyrsten el.lign. Det kunne kun ske i frihed. Derfor hørte sandhed og frihed uløseligt sammen, hvilket måtte afspejles i den måde, universitetet var organiseret på: et universitet kunne kun stå under fornuftens love. Disse ideer videreførtes af Fichte, Schelling, Friedrich Schleiermacher (1768-1834), Henrik Steffens (1773-1845) og ikke mindst af sprogforskeren, politikeren og embedsmanden Wilhelm von Humboldt (1767-1835). De beskæftigede sig alle med, hvad akademisk arbejde og forskning overhovedet var, og de mente alle, at der skulle være en klar sammenhæng imellem forskning og undervisning. Undervisningen skulle være en forskende læring, og forskningen en lærende forskning.

Samtidig var man dog ikke forpligtet over for nogen form for demokrati eller universalisme. Forskning og undervisning skulle være baseret på en forestilling om, at videnskaben bestemt ikke var et demokratisk felt, men snarere et ægte aristokrati, hvor kun det bedste ville overleve. Det var et åndsaristokrati, man stræbte imod, og ikke en de lærdes republik, sådan som de franske oplysningsfilosoffer havde villet det. Universitetet skulle være en konkret realisering af åndens ideelle, sammenhørende organisme. Humboldt havde samtidig forestillinger om, at denne åndelige organisme, som universitetet skulle manifestere, bestemt ikke var universel, men snarere var knyttet til de enkelte folkeslag. Det tyske universitet skulle således udmønte og realisere den tyske ånd, sådan som den kom frem i det tyske folk og det tyske sprog.

Universitetet var ikke et redskab for den demokratiske og universelle fornuft, men for den specifikt nationale ånd. Den åndelige frihed var en national frihed, og den akademiske frihed var denne ånds mulighed for at manifestere sig uhindret af tilfældige herskere og fyrstehuse, der omkring 1800 bestemt ikke nødvendigvis var nationale. Humboldt var i 1810 en væsentlig faktor omkring etableringen af det første nye nationale universitet i Tyskland, der skulle hjælpe til reetablering af Tyskland ovenpå Prøjsens nederlag i Napoleonskrigene. Det blev grundlagt i den tyske hovedby Berlin og blev snart et videnskabeligt og åndeligt centrum. Fichte blev hurtigt rektor, og Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) underviste der i de følgende år. Forestillingen om universitetet som en forskningsinstitution, forpligtet alene over for sandheden og derfor kun mulig i frihed, var af stor betydning for institutionens videre udvikling.

Arbejdsdeling og teknisk rationalitet

Selvom Europa undergår store politiske forandringer og kulturelt befinder sig i en "åndelig" og romantiserende periode, sker der store teknologiske og økonomiske forandringer. Et nyt produktionssystem er under udvikling på basis af nye holdninger, nye erfaringer, mange tekniske fremskridt og nye økonomiske strukturer. Det bliver begyndelsen til det industrielle samfund, markedsökonomi og fri handel. Oplysningsfilosofferne teoretiserer om disse ting, og i Den Store Franske Encyklopædi får tekniske, praktiske og industrielle emner en enorm vægt. Samtidens tekniske kunnen udstilles i et antal illustrationsbind, der viser, hvordan man gør næsten hvad som helst.

Spindemaskinen, vævemaskinen og dampmaskinen bliver opfundet, og dampmaskinen bliver gjort mere effektiv af James Watt (1736-1819) og bliver dermed en anvendelig energikilde. Jern, stål og kul bliver centrale produkter, og man begynder at forstå, hvordan de frembringes, og hvilke egenskaber de forskellige stoffer har. Landbruget reformeres ud fra mere systematiske erfaringer og målinger, og dets produktivitet stiger voldsomt. Langsomt begynder landskaberne at forandres, der bygges egentlige veje, kanaler, sluser, broer, og senere jernbaner, havneanlæg med kajer, og rundt omkring fabrikker. Rundt om handelscentre og mine-centre udvikles storbyer, og til dem knyttes komplicerede tekniske systemer for forsyninger, affald, produktion og distribution.



Økonomer og sociale teoretikere begynder at overveje de spørgsmål, som denne udvikling rejste. Man teoretiserer om penge, markedet, handlen og om det stadig mere påfaldende faktum, at mange bliver rigere, mens andre må leve i fattigdom og nød. Der opstår en arbejderklasse og børnearbejde i fabrikker, men også et borgerskab og en afskaffelse af slaveriet i dets mange former. Kun langsomt begynder man at forstå de nye maskiner, teknologier og samfundstyper.

Dampmaskinen bliver der teoretiseret om ud fra opfattelsen af, at varme er stoffet caloric, og selvom man først omkring midten af 1800-tallet når frem til teorier, som vi i dag anser for holdbare, lykkes det ikke desto mindre løbende at forbedre dampmaskinens ydeevne. De rent mekaniske maskiner forstår man bedre, selvom det tager lang tid at få en dybere kemisk forståelse af de processer, der foregår f.eks. ved fremstilling og bearbejdelse af jern og stål. Økonomisk forstår man delvist maskineriet, idet man jo kan konsta-

Kun få år efter opfindelsen af fotografiet i 1839 var denne repræsentationsform blevet et uudværligt redskab for både dokumentarister og kunstnere. På trods af de tekniske vanskeligheder i fotografiets tidlige fase, omfavnede arkæologer, ingeniører, videnskabsfolk, handelsrejsede, professionelle og amatører fotografiet som det nye og rette medium til at dokumentere tilblivelsen af den moderne verden i anden halvdel af 1800-tallet. På dette foto kan man se konstruktionen af Crystal Palace i London, fotograferet af Philip Henry Delamotte i 1853. British Library.

tere, at man tjener penge på det, men en egentlig forståelse af fabrikkernes indvirkninger på menneske og samfund lader vente på sig. De store fabrikker baseret på maskineri er stadig et nyt fænomen, og man har ikke distance nok til begivenhederne til at kunne analysere dem. Først omkring 1830 har man gjort sig så mange erfaringer, at det er muligt at begynde at fremsætte teorier om samspillet mellem menneske, maskine, arbejde, organisation og økonomi. Dermed starter en udvikling af ideer om arbejdet, som er helt specifik for det industrielle samfund.

Op igennem 1800-tallet stiger kompleksiteten i samfundet enormt. Industrialiseringen medfører næsten eksponentielle stigninger i produktion og forbrug, i priser og i næsten alle andre målbare sociale og økonomiske indikatorer. Det er en udpræget væksttilstand, der på den ene side løser problemer – den skaber f.eks. højere levestandard og længere levetid – men på den anden side også skaber andre. Befolkningstallet øges dramatisk, og der opstår helt nye typer af udfordringer knyttet til de store, tætte og komplekse samfund.

Allerede Adam Smith formulerer i slutningen af 1700-tallet teorier om arbejdsdeling. Hvor en håndværker i princippet kan klare hele produktionsprocessen fra råvare til færdigt produkt, og endda ofte selv frembringer de relevante råvarer og værktøjer, så er det delte arbejde karakteriseret ved, at den enkelte person specialiseres og dermed kun udfører en enkelt arbejdsfunktion. Arbejdet var allerede tidligt delt i den betydning, at der var en opdeling i forskellige fag. Snedkere, bagere, bogtrykkere, hver lavede de deres. Men dette var en opdeling efter typer af produkter. Inden for de enkelte fag var der ikke nogen opdeling. Den enkelte håndværker fulgte det enkelte produkt fra først til sidst.

Inden for visse områder startede man med en forsigtig arbejdsdeling, f.eks. forskellen i trykkerierne mellem sættere og trykkere, og i meget store køkkener skete en arbejdsdeling, ligesom det var foregået på de få store arbejdspladser, der fandtes. Eksempler kunne være det store værft Arsenalet i Venedig, eller ved de store byggerier af kirker og paladser. De statslige manufakturer, der blev oprettet af enevældige konger under inspiration af merkantilistiske ideer involverede også arbejdsdeling. Men det var en arbejdsdeling på basis af håndværk. Først med introduktionen af nye fabriksmaskiner til brug i bomuldsindustrien ændredes der fundamentalt på arbejdets natur, og på basis af disse erfaringer skifter forståelsen af arbejdet også. De franske fysiokrater havde opfattet jord som kilden til al værdi, som

den centrale økonomiske faktor. Udnyttelsen af jorden var derfor central, og mange af dem ønskede at ændre på landbruget og især at introducere videnskabelige teknikker. Også handel, mente mange, var en kilde til værdi, og især Adam Smith argumenterede for frihandel. Ifølge ham var det til staters gensidige fordel at handle med varer, selv når den ene stat var den anden langt overlegen, hvad produktionsevne angik.

•• Fordelen ved samhandel

Den engelske økonom David Ricardo (1772-1823) videreudviklede mange af Adam Smiths ideer og fremlagde i 1817 sin teori om "comparative advantage", ifølge hvilken det er til fordel for to lande at handle med varer indbyrdes, selvom det ene land producerer varerne billigere. Så længe der eksisterer en relativ, dvs. en kompara-

tiv, fordel i produktionen af en vare, vil en specialisering i denne vare medføre en øget samlet produktion og dermed skabe større rigdom for begge lande.

Ricardo brugte følgende eksempel: lad os antage, at produktionen af vin og vævet stof i henholdsvis England og Portugal kræver det følgende antal arbejdstimer:

	Antal timer for at lave 1 enhed		Mængde af produktion på 40 timer	
	Vin	Vævet stof	Vin	Vævet stof
Portugal	10 timer	20 timer	4 flasker	2 meter
England	8 timer	5 timer	5 flasker	8 meter

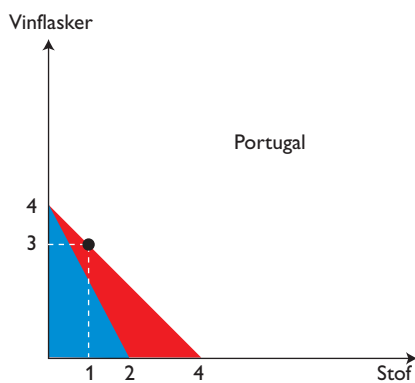
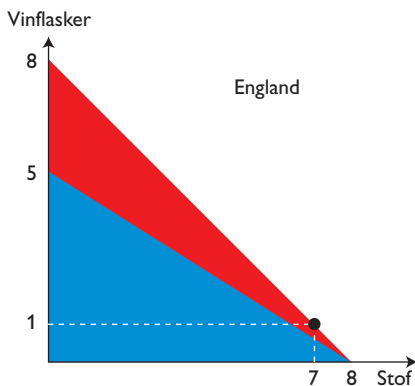
I tabellen ser man, at England har en absolut fordel i produktionen af både vin og stof, fordi arbejderne kan producere mere vin og mere stof på en 40 timers arbejdsuge, end man kan i Portugal. Alligevel kan det betale sig at handle med Portugal. Hvorfor? Fordi de såkaldte alternativomkostninger, der angiver, hvad en arbejder i Portugal hhv. Eng-

land må ofre for at producere en flaske vin hhv. en meter stof, er forskellige. Alternativomkostninger angiver med andre ord de omkostninger, der er ved en handling, når der også indregnes de tab, der kommer af, at handlingen udelukker andre samtidige handlinger. I vores tilfælde er alternativomkostningerne således:

	1 flaske vin (i forhold til hvor meget stof, man ikke får produceret)	1 meter vævet stof (i forhold til hvor meget vin, man ikke får produceret)
Portugal	$\frac{1}{2}$ meter stof	2 flasker vin
England	$\frac{8}{5}$ meter stof	$\frac{5}{8}$ flasker vin

En arbejder i Portugal, som gerne vil producere en flaske vin, har brug for 10 timer (forrige tabel), men i samme tidsrum kunne

han eller hun kun have lavet $\frac{1}{2}$ meter stof. Omvendt kunne en engelsk arbejder have lavet hele $\frac{8}{5}$ meter stof i det tidsrum, som det tager at ►

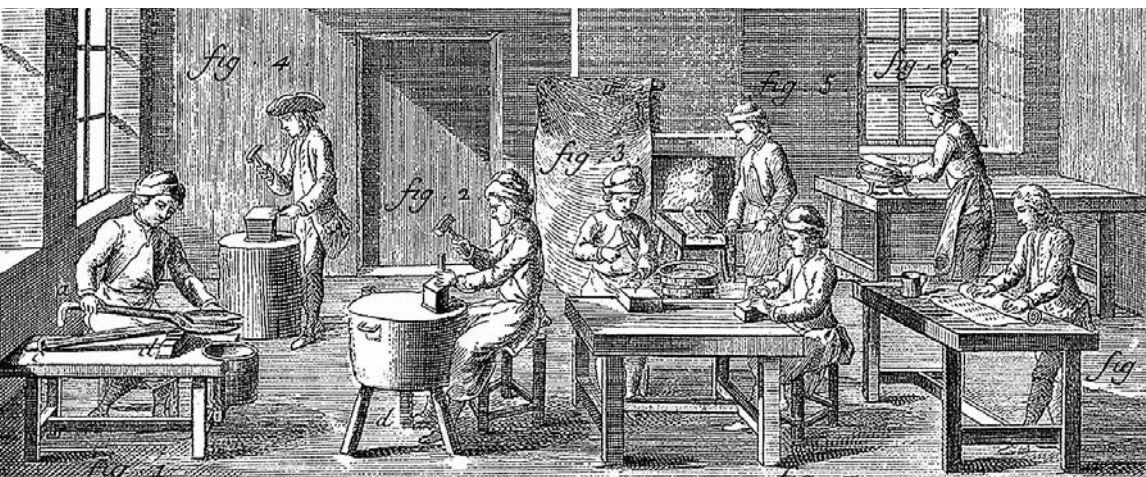


producere 1 flaske vin. Det betyder, at Portugal har en komparativ fordel i produktionen af vin, fordi alternativomkostningerne er lavere i Portugal end i England, mens England har en komparativ fordel i produktionen af stof, fordi alternativomkostningerne er lavere i England end i Portugal.

Det blå område i de to grafer viser produktionskapaciteten for hhv. England og Portugal. Hvis de to lande beslutter at handle med hinanden til en pris, som ligger midt imellem de to landes alternativomkostninger, så vil landene kunne have et forbrug, der ligger på den røde linje, og dermed hinsides deres individuelle produktionskapacitet. Hvis en portugisisk og en engelsk arbejder f.eks. beslutter at handle 1 flaske vin for 1 meter vævet stof, vil en engelsk arbejder kunne forbruge 7 meter stof og 1 flaske vin, hvilken han eller hun ikke ville have kunnet produceret alene. Tilsvarende vil den portugisiske arbejder kunne nyde 3 flasker vin og bruge 1 meter stof, hvilket han eller hun heller ikke selv ville have evnet at producere alene.

Forudsat at der ikke er transport- og andre omkostninger i spil, viser eksemplet, hvorfor økonomer argumenterer for, at fri handel er bedre end ingen handel.

Men Smith var også en af de første, der begyndte at indse, at arbejdet var en afgørende faktor i værdiskabelsen. Det var derfor, han ville øge arbejdets produktivitet. Et af de vigtigste midler var arbejdsdeling. Det øgede fokus gjorde den enkelte arbejder bedre og dermed mere produktiv, ligesom det var en fordel, at man ikke brugte tid på at gå fra én arbejdssituation til en anden, men hele tiden lavede det samme. Og så gjorde introduktionen af maskinerne det yderligere naturligt at fokusere på arbejdsdeling. Håndværkeren bruger redskaber og værktøjer. Det forbedrer arbejdet og er ofte ligefrem en nødvendighed for, at det overhovedet kan udføres: uden økse, sav og hammer er tømreren dårligt stillet. Men håndværkeren har et helt arsenal af værktøjer til sin rådighed, som han bruger i forskellige led af produktionen. Maskiner laver derimod typisk kun én ting, så først når arbejdet brydes ned i sine enkelte bestanddele, bliver det muligt at udføre ved



hjælp af maskiner. Det skete i denne periode især i tekstilindustrien, hvor bomuld skulle spindes til tråd, og tråde væves til klæde.

Adam Smiths mest kendte eksempel på arbejdsdeling er fremstillingen af synåle. Han argumenter for, at en gruppe mennesker på en given tid kan fremstille mange flere synåle, hvis de ikke hver især laver hele processen fra stål til færdig nål, men deler arbejdet op i faser og enkelte processer, som hver person så udfører. Arbejdet bliver organiseret, samtidig med at det bliver delt.

Omkring 1830 kommer så de første systematiske studier og teorier om samspillet mellem arbejde, organisation og maskiner. Det er den engelske matematiker og opfinder Charles Babbage (1792-1871), der i 1833 i bogen *On the Economy of Machinery and Manufactures* fremlægger både nogle første empiriske studier og teorier. Hans bud på arbejdsdelingens gevinst er f.eks., at prisen på en nål ville være tre til fire gange højere, hvis man producerede den uden anvendelse af arbejdsdeling. Men Babbage er klar over, at den helt afgørende effekt af arbejdsdeling er, at den muliggør anvendelse af maskiner. Han taler om forskellen på at lave noget, "to make something", og at fremstille noget maskinelt, "to manufacture something". Maskinel eller snarere industriel fremstilling vedrører produktion af store mængder identiske genstande, der fremstilles i en velorganiseret og veltilrettelagt proces. Ved at gøre det, øges produktiviteten voldsomt, og omkostningerne falder. Dermed opstår muligheden for at sænke priserne og øge markedet. Det muliggør igen, at forskellen mellem pris og omkostning kan enten fastholdes eller

Nålefabrik fra omkring 1750 med moderne arbejdsdeling. Stik fra Diderots og d'Alemberts Store Franske Encyklopædi.

direkte øges, og dermed er der skabt mulighed for voldsom indtjening eller profit. Håndværkeren eller kunstneren kan tjene penge – givetvis – men industrialisten kan ved at ændre produktionsprocessen levere et produkt, der er lig med eller måske endda bedre end håndværkerens, og det til en meget lavere omkostning pr. styk og i meget store antal. Omkostningerne kan sænkes, hvis man kan udvikle maskineri, der enten forøger den enkelte arbejders produktivitet, eller hvis man kan forenkle arbejdet så meget, at man kan ansætte ufaglærte, og derfor billigere, arbejdere.

Babbage formulerer i sin bog grundprincipperne for den kapitalistiske økonomi og introduktionen af ny teknologi. Han hylder vækst og ønsker, at den industrielle udvikling vil skabe velstand og velfærd. Han mener, at fordelingen af goderne skal være sådan, at alle har et incitament til at medvirke til øget arbejdsdeling og øget brug af ny teknologi. Produktivitetsforøgelser giver muligheder for at skabe større værdi, og denne skal fordeles, så alle får fordel af det. Og det er der mulighed for, hvis man blot holder en konstant vækst, for så er der hele tiden mere og mere at give og tage af. Så vil alle blive bedre stillet, end de ville have været, hvis der ikke var sket øget arbejdsdeling og øget brug af maskineri. For Babbage er fremskridt altså det samme som økonomisk vækst, brug af maskiner og teknologi samt stadige videnskabelige optimeringsanalyser.

Samtidig skal der skabes et incitament til at udvikle nye og bedre maskiner og mere og mere avanceret teknologi. Der skal derfor måles og registreres, analyseres og besluttes. Der skal udvikles maskiner, der kan hjælpe med alt dette. Babbage begynder derfor at tænke på, at også det mentale arbejde kan arbejdsdeles. I en menneskealder arbejder han således med at udvikle automatiske regnemaskiner, det vi i dag kalder computere. For ham er beregning, "calculation", en af de allervigtigste former for arbejde, og det er muligt at industrialisere denne ved hjælp af arbejdsdeling. Der er dele af beregninger, der er så elementære, at de blot består i at flytte rundt med symboler, der er andre dele, der kræver tilrettelægning af sådanne flytninger, og igen andre, der skal afgøre, hvordan et givet problem overhovedet skal løses ved hjælp af beregning. Den rene flytten rundt med symboler kan gøres af maskiner, mener Babbage. Det er kun et spørgsmål om at finde de simple regler, der gælder for al beregning, eller principielt for al problemløsning. Disse regler kan så nedskrives i et program. Babbage er den første, der formulerer ideen om, at man i et program kan give en almen forskrift for, hvor-

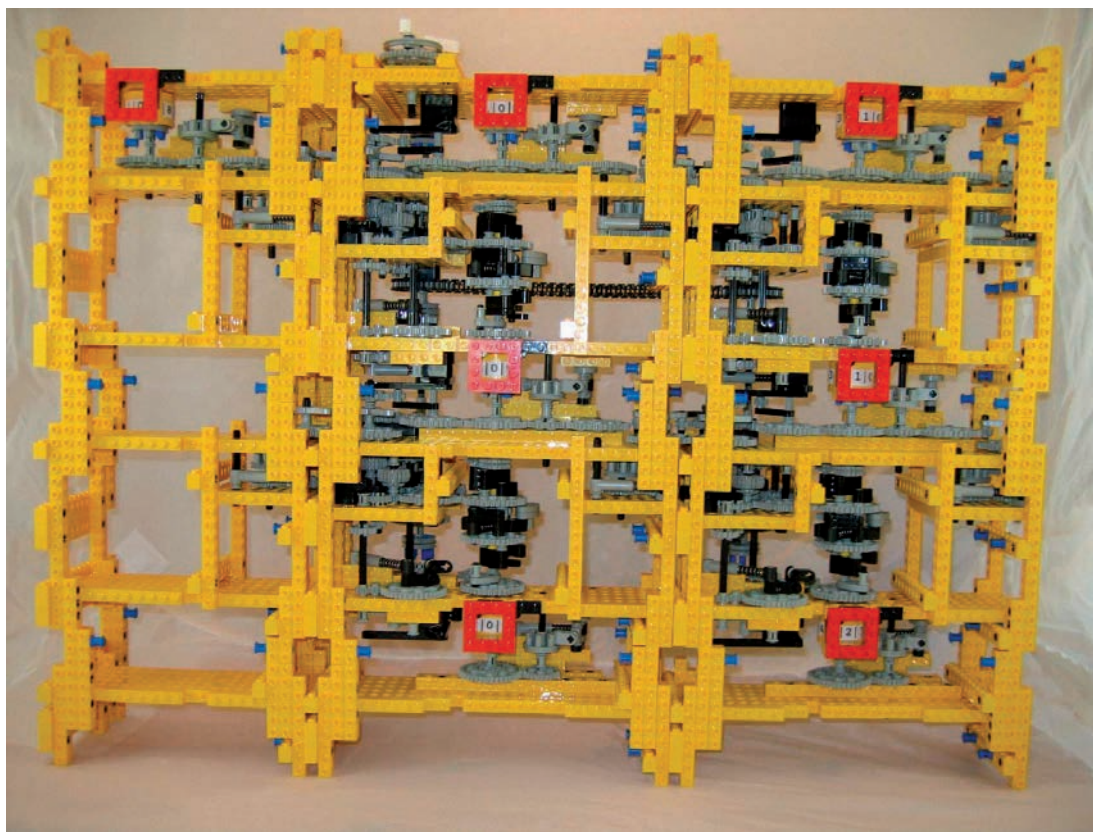
dan en bestemt type beregning udføres, og derefter lade sådan et program styre en fysisk maskine, der så kan beregne ud fra et bestemt input.

Det lykkedes ham faktisk at konstruere principperne for sådanne maskiner, som han kaldte differensmaskiner, og også at realisere dele af dem. Men trods enorme investeringer og mandetimer kunne han ikke løse de helt mekaniske produktionsvanskeligheder. Alligevel opnåede han i processen helt afgørende indsigter i fremstilling af nøjagtigt maskineri og betydningen af standardisering.

Babbage havde som matematiker arbejdet meget med store beregningsopgaver. På hans tid begyndte der at fremkomme mange sådanne opgaver: allerede omkring 1830 var samfundets kompleksitet enorm, og behovet for registrering og talbehandling tilsvarende stort – og det var kraftigt stigende. Men først mere end hundrede år senere lykkedes det ved hjælp af elektronik snarere end mekanik at realisere Babbages ideer om computere. Hans ideer om maskineri, arbejde og økonomi, derimod, fik øjeblikkelig virkning og dannede grundlaget for den industrialisering, der med stigende hast foregik i løbet af 1800-tallet, og som på grundlæggende vis forandrede de vestlige samfund.

Babbage fik hjælp fra grevinden Ada Lovelace (1815-52), der som kvinde og datter af digteren Lord Byron (1788-1824) var en sjælden fugl blandt datidens matematikere. I 1843 kommenterede hun den fransk-italienske matematiker Luigi Federico Menabreas (1809-96) memoirer om den “analytiske maskine”, som var en stor forbedring af differensmaskinen. I sine noter angav hun en detaljeret fremgangsmåde til at udregne de såkaldte Bernoullital, og noterne må siges at være det første computerprogram i verdenshistorien. Ada Lovelace ydede et meget vigtigt bidrag til computerens udvikling gennem sin dybe forståelse af den analytiske maskine og sin evne til at formidle Babbages ideer, og hun anses blandt mange i dag for programmeringens grundlægger.

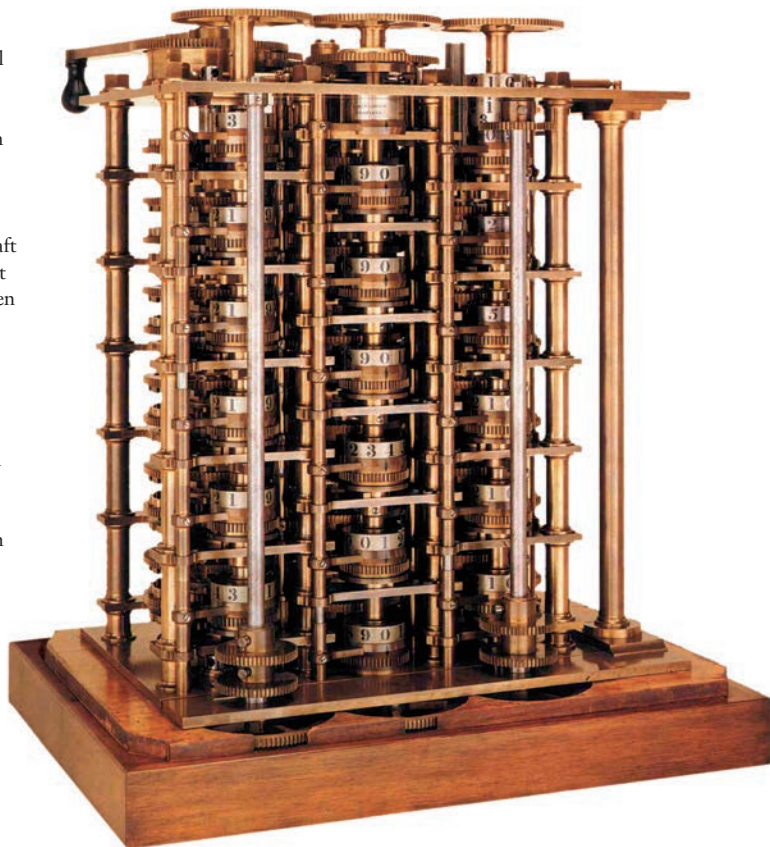
Babbage havde som matematiker stort kendskab til sin samtids viden-skab. Han havde tillid til mekanik og astronomi, og til kemien, der jo siden Lavoisier havde gjort store fremskridt. Kemien skulle give praktiske resul-tater inden for fødevarerområdet og landbruget. Men han var mere skeptisk ved fænomener som varme, lys og elektricitet – de var for mystiske for ham. Det var klart, at varme blev brugt til at udføre mekanisk arbejde, det var dampmaskinen jo et vigtigt eksempel på. Det var også klart, at vandfald og



kul var, hvad vi nu kalder energikilder. De kunne bruges til at udføre arbejde, via vandhjul og dampmaskiner. I 1824 havde den franske ingeniør Sadi Carnot (1796-1832) fremlagt en teori om, hvordan energimaskiner fungerer. De rent mekaniske dele med hjul og stænger osv. var for så vidt ikke uklare. Men hvorfor virkede de overhovedet – hvor kom kraften egentlig fra? Der er jo ikke mindre vand, efter at det har drejet vandhjulet rundt, mens der er mindre kul når dampmaskinen har arbejdet. Men hvis man vejede både det, der indgik i kullet forbrænding, og det, der kom ud, var der lige meget før og efter. Alligevel var der blevet udført arbejde. Carnot opfattede – på trods af Rumfords forsøg – varme som et stof, der kunne opfattes som en væske. Når dampmaskinen kunne udføre arbejde, var det fordi varme-stoffet flød igennem den, og nærmest faldt fra højere til lavere positioner eller tilstande. Ved den lavere tilstand havde varmen mistet energi, ligesom en genstand, der falder fra et højere til et lavere punkt.

Carnot stillede sig nu det spørgsmål, om man kunne sige noget generelt

◀ I 2006 byggede en foretagsom hacker ved navn Andrew Carol (f. 1964) en fungerende differensmaskine à la Babbage ved hjælp af legoklodser. Maskinen kan beregne 2. og 3.-grads polynomier med op til fire decimalers nøjagtighed. Differensmaskinen har altid haft en stor tiltrækningskraft blandt kunstnere og entusiaster, og den blev for alvor introduceret i populærkulturen, da de to cyberpunkforfattere William Gibson (f. 1948) og Bruce Sterling (f. 1954) i 1991 skrev en historisk detektivroman om differensmaskinens tilblivelse (*The Difference Engine*, 1990). Til højre ses en rekonstruktion af en af Charles Babbages' differensmaskiner.



om, hvor meget arbejde en dampmaskine kunne udføre. Der var meget, der pegede på, at man kunne forbedre dampmaskiner – dvs. optimere dem, så de udførte samme arbejde med lavere kulforbrug. Carnot fandt ud af, at det arbejde, som en varmemaskine kunne udføre, alene afhang af den temperaturforskelle, der blev arbejdet med. Jo større afstand fra en maskines varmeste del til dens koldeste, desto mere arbejde kunne den udføre. Måden eller hastigheden, hvorpå man kom fra varmt til koldt, betød ikke noget, og hvad, der var varmt eller koldt, spillede heller ingen rolle. Alene temperaturforskellen var afgørende. Han forestillede sig nu en ideel varmemaskine, der kunne forvandle varme til arbejde og arbejde til varme uden spild. I praksis var en sådan ikke mulig på grund af varmeledning og friktion, men forestillingen om denne abstrakte maskine var væsentlig, for den muliggjorde også, at man på en helt ny måde kunne ræsonnere om maskiner og ikke mindst begynde at måle på de faktiske maskiner. Abstraktionen gjorde, at man endnu mere præcist kunne finde frem til, hvori en varmemaskines effektivitet bestod,

eller hvordan dens eventuelle ineffektivitet kunne modvirkes. Det er bl.a. dette tankearbejde, der har ført til nutidens langt mere effektive varmemasiner, f.eks. bilmotoren og jetmotoren.

Carnot arbejdede som nævnt med en substans teori om varme, men var formentlig klar over, at det gav problemer at antage, at varme i sig selv var en substans, caloric. Det var først i midten af 1800-tallet, at man gjorde en række andre erfaringer og foretog eksperimenter, der medførte, at man endeligt opgav caloric-teorien. Carnot havde imidlertid grundlagt en videnskab om varme og varmemasiner, der på en række punkter var uafhængig af hvilken forestilling, man havde om varme. Han grundlagde dermed teorier om effektivitet, og han viste, at man kunne løse visse typer fysiske problemer, uden at det var nødvendigt at gøre sig forestillinger om de involverede mekaniske processer.

Kritik af aprioriet

Overordnet set kan man sige, at der i løbet af 1800-tallet inden for videnskaben frembringes et mere og mere detaljeret billede af en mekanisk virkende natur. Der skabes afgørende resultater, der kan danne basis for ny teknologi, og der skabes de første klare institutionelle og begrebslige sammenhænge imellem videnskab og teknologi. Det medfører etableringen af en lang række videnskabeligt funderede funktioner i samfundet, først og fremmest den naturvidenskabeligt skolede ekspert. Inden for sundhed og industri medfører det enorme forandringer. Der skabes et sundhedsvæsen baseret på videnskabelige teorier, og der udvikles en ingeniørvidenskab med tilhørende profession, der søger at løse væsentlige praktiske problemer med udgangspunkt i naturvidenskabelige teorier. Universiteterne suppleres nu med tekniske højskoler, og uddannelsen af læger og ingeniører baseres på naturvidenskab. Ved universiteter og læreanstalter oprettes rene forskningslaboratorier, der samarbejder med virksomheder og industri. Staten begynder også at gøre brug af den nye type eksperter, f.eks. inden for kontrol med fødevarer, hvor der var store problemer med bedrag og forfalskning. I storbyerne bygges læreanstalter som store paladser, der skal symbolisere den nye magt, som mennesket råder over, når det har indsigt i naturens love. De tidlige ideer, som Francis Bacon (1561-1626), Galilei og Descartes havde om magt over naturen via viden om den, synes at bære frugt. Dette kobles med en ud-

præget tro på, at udvikling også er *fremskridt*. Menneskeånden vil – helt i tråd med oplysningstidens ideer – medføre mange sejre og et konstant fremskridt, der vil forbedre menneskenes lod og i sidste ende frembringe en egentlig civilisation. Videnskab, oplysning og teknologi er midlerne. Disse midler kobles i stigende omfang sammen med ønsket om forøgelse af nytte, forstået som maksimering af nydelse og minimering af smerte. Viden og videnskab skal ikke blot skabe dannelse og oplysning, men også være nyttige redskaber i menneskets tjeneste.

I begyndelsen af århundredet var forestillingerne om det gode samfund i høj grad knyttet til sociale ændringer, og de skulle ske i et samspil imellem teknologi og sociale reformer styret af en samfundsvidenskabelig indsigt. Et eksempel på en sådan reformator var Jeremy Bentham (1748-1832), der udtænkte et utal af samfundsopbyggende tiltag og forsøgte at sammentænke politik, etik og økonomi. Senere blev hovedvægten i forbedringen af menneskenes kår lagt på en sammenkobling af naturvidenskab og teknologi. Dette skyldtes en lang række konkrete opdagelser og formuleringer af nye videnskabelige teorier, der muliggjorde teknologiske ændringer, men som også rejste spørgsmål af mere principiel og filosofisk art.

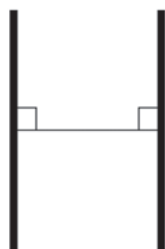
En af konsekvenserne for naturvidenskabens filosofiske historie var et opgør med Kants opfattelse af erkendelsen. Kant mente, at der var træk ved den menneskelige erkendelse, der gik forud for erfaringen, og som var af så fundamental karakter, at der ligefrem var tale om *betingelser* for erkendelse. Kant hævdede med andre ord, at der fandtes erkendelse *a priori* – dvs. erkendelse, der kommer før alt andet, og som er uforanderlig. Og fordi denne apriori-erkendelse var en betingelse for erfaring, måtte erfaringen have et bestemt indhold, netop når den så at sige præsenteredes for os. Vi har erfaringer med det rumlige, og ifølge Kant formuleres disse erfaringer teoretisk i geometrien. Da rummet er, hvad han kalder en apriori anskuelsesform, så findes der kun én rumopfattelse, og derfor også kun én geometri, sådan som Euklid (ca. 300 f.v.t.) har beskrevet den. Denne geometri, sammen med den faktiske opbygning af øjet, giver anledning til en geometrisk optik, der forklarer, hvorfor vi ser verden, som vi gør. Noget tilsvarende gør sig gældende for aritmetikken. Den er baseret på tallene, og talbegrebet er et begreb om kontinuert rækkefølge, der har sit udspring i tiden som apriori-anskuelsesform. Større og mindre er relationer mellem størrelser, og relationer mellem størrelser og relationer mellem tal – forstået som punkter på

en linje – er konceptualiseringer af relationer knyttet til tid. Og tiden er en apriori-erfaring. Aritmetikken er således ligesom geometrien ifølge Kant en teoretisk videnskab, der er og kun kan være på én måde, og som baserer sig på apriori-træk ved den menneskelige erkendelse.

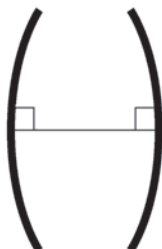
Alt dette blev der nu sat spørgsmålstejn ved. Først opdagedes muligheden for at konstruere geometrier, der ikke er euklidiske. Det viste sig, at man uden at modsige sig selv kan erstatte det såkaldte parallel-aksiom (dvs. Euklids femte postulat, se s. 41) med andre aksiomer. Derved opnås geometrier, hvor der igennem et punkt kan trækkes mere end én linje parallelt med en given linje, hvorfor f.eks. vinkelsummen i en trekant derfor heller ikke længere naturgivent er 180 grader. Der findes mange forskellige ikke-euklidiske geometrier, og det var i midten af 1800-tallet klart, at der hermed var opstået et problem for den kantianske opfattelse af sammenhængen mellem geometri, rum og den menneskelige erkendelse. Geometrien var måske slet ikke en beskrivelse af rummet, og rummet slet ikke en apriori anskuelsesform. Alternativet var at opfatte geometrien som en rent formel videnskab, der ikke sagde noget om rummet, som det empirisk forelå. På samme måde kunne man heller ikke opfatte rummet som en entitet eller en anskuelsesform, der i sig selv udelukkende kunne være på én bestemt måde, enten fordi det er, som det er, eller fordi dets egenskaber er en følge af den menneskelige erkendelses form.

Geometriens egenskaber som formel disciplin var således ikke et udslag af træk ved den menneskelige erkendelse, men snarere af træk ved tænkningen som logisk fænomen overhovedet. Geometri bliver i slutningen af 1800-tallet opfattet som studiet af en række former for transformationer med en række egenskaber. Ved at specificere disse egenskaber kunne man frembringe forskellige geometrier, hvoraf den euklidiske blot var én. Geometrien kunne så forstås enten som en ren empirisk videnskab, der beskrev det faktiske rum, der så kunne være euklidisk eller ikke-euklidisk – hvad der var tilfældet, måtte målinger afgøre. Eller den kunne være netop en ren formel videnskab, der alene havde gyldighed i kraft af, at man ud fra en række antagelser drog slutninger på en sådan måde, at man aldrig modsagde sig selv. Med andre ord en form for system, der kun refererede til sig selv og kun fulgte sine egne love. En leg med symboler.

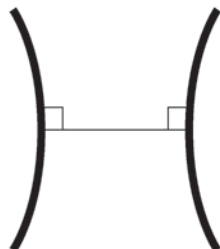
Omkring 1870 opfattede de fleste geometrien som en formel videnskab. Angående rummets væsen var der absolut ingen enighed. Nogle opfattede



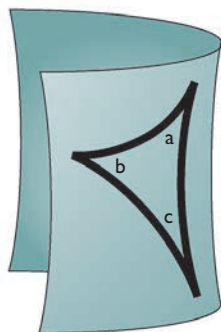
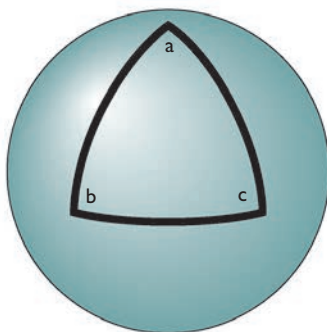
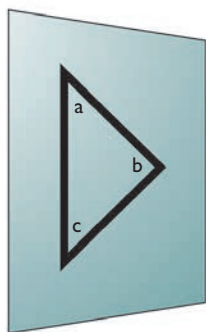
Euklidisk



Elliptisk



Hyperbolsk



det stadig ud fra den metafor, at der var tale om en art stor kasse – faktisk uendelig stor – i hvilken de eksisterende ting og genstande var placeret.

Den samme udvikling gør sig gældende i aritmetikken. Her havde den skotske filosof David Hume allerede i 1700-tallet hævdet, at der var tale om indsigt i forhold, om hvilke udsagnene var sande, ikke fordi verden var på en bestemt måde, men fordi vores *begreber* var på en bestemt måde. Det var et rent formelt argument. Der er tre mulige måder, hvorpå en afvikling af Kants forståelse af et apriori kan ske på i aritmetikken. Man kan benægte, at der overhovedet er noget apriori i Kants forstand – og hvis der er, så har det ikke sine grunde i den måde, den menneskelige forstand eller anskuelse er indrettet på. Det er positivismens vej. Den leder i tilfældet med tal og aritmetik til, hvad der kaldes en psykologisk forståelse af matematikken. Sådan opfattede bl.a. den engelske filosof John Stuart Mill (1806-73) det. Man kan også fastholde den absoluthedskarakter, som apriori har ifølge Kant, men afvise, at det er knyt-

I en euklidisk geometri forbliver to parallelle linjer i en konstant afstand til hinanden (se s. 41), hvorimod de i en hyperbolsk geometri bøjer væk fra hinanden og i en elliptisk geometri på et tidspunkt vil krydse hinanden. F.eks. har en sfære en elliptisk geometri, fordi vinkelsummen af en trekant på dens overflade er større end 180 grader (og to parallelle linjer på ækvator derfor vil mødes i hhv. Nord- og Sydpolen), mens en hyperbolsk geometri giver en vinkelsum i en trekant på mindre end 180 grader.

tet til det menneskelige erkendelsesapparat. Det bliver så i stedet knyttet til almene logiske eller tegnteoretiske forhold. Det bliver en indflydelsesrig løsning i slutningen af 1800-tallet, som logikere og filosoffer som f.eks. Gottlob Frege (1848-1925) og Charles Sanders Peirce (1839-1914) forfægtede. Endelig kan man fastholde hovedideerne fra Kant og forsøge at modificere hans teori, så den passer med den videnskabelige udvikling. Det betyder, at begrebet om apriori må ændres betydeligt. Det var en vej, som blev betrådt af den såkaldte neo-kantianisme. Man kan på mange måder sige, at udviklingen i forståelsen af erkendelse og videnskab i løbet af 1800-tallet er et opgør med Kant og forsøg på at etablere alternativer.

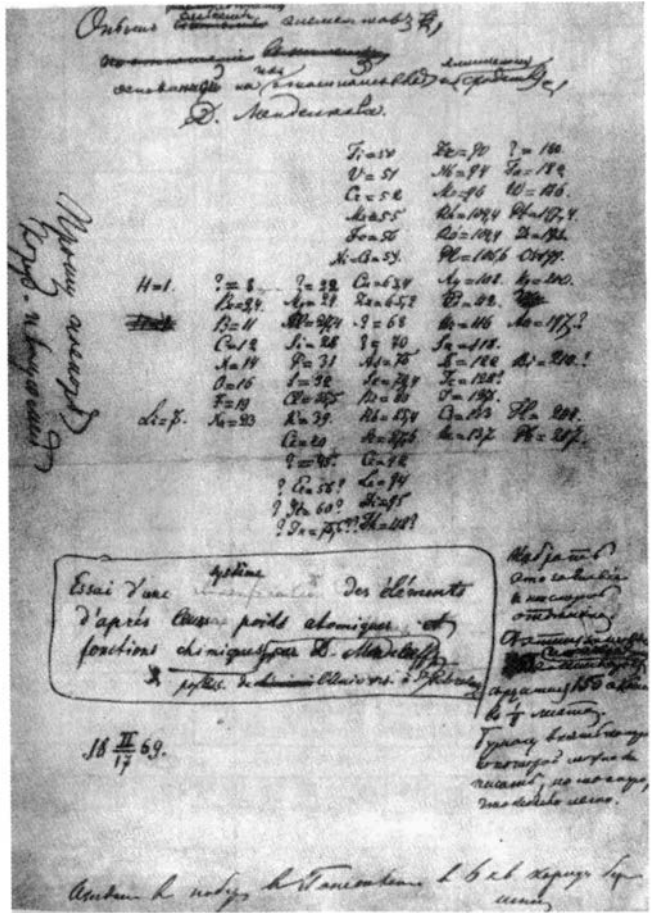
Mekanisk manipulerbar materie

Det mekanistiske synspunkt havde megen medvind igennem århundredet. Så meget, at det blev udviklet til et helt materialistisk og reduktionistisk program. Her antog man, at det, der udgør virkeligheden – det egentligt eksisterende – er materielle legemer i forskellige former for interaktion. Atomteorien, der var blevet overbevisende fremsat inden for kemien i begyndelsen af århundredet, forstærkedes hele tiden. Dmitrij Mendelejevs (1834-1907) opdagelse af det periodiske system i 1860'erne skabte orden og synes at bekræfte teorien. Ligeledes skete der en enorm udvikling i forståelsen af stoffernes struktur ud fra atomhypotesen. Det muliggjorde syntesen af en lang række nye kemiske stoffer – farvestoffer var her nogle af de mest succesrige – og igen forekom det at bekræfte teorien.

Også termodynamikken fik et mekanisk grundlag, da man omkring 1850 begyndte at forstå varme som et mekanisk fænomen knyttet til hastigheden af stoffernes molekyler. Opdagelsen af de såkaldt brownske bevægelser (se s. 233) i 1827 havde allerede for mange bekræftet en teori om, at der i en væske var "skjulte" entiteter, der fór hid og did, og James Clerk Maxwells (1831-79) mekaniske teori om varme fra 1860'erne gav et billede af stofferne som bestående af netop små partikler, der fulgte bestemte love.

I slutningen af århundredet var der ganske mange videnskabsmænd, der var overbeviste materialister. Verden bestod af atomer, og imellem disse var der visse kræfter: tyngdekraft, elektriske og magnetiske kræfter. Når verden var så kompleks, som den var, skyldtes det, at der var foregået en udvikling, der havde konfigureret materien mere og mere, så der var opstået liv, og le-

Mendelejevs første periodiske tabel fra 1869 havde en række huller, som først kunne udfyldes senere, efter at man havde opdaget grundstofferne og målt deres egenskaber. Senere kom der mange flere grundstoffer til. Her ses Mendelejevs første grove skitse fra 17. februar 1869.



vende organismer havde udviklet sig, så der kunne opstå mennesker og dermed samfund, der kunne drive videnskab og erkende den verden, som mennesket lever i, og den udvikling, som det er et resultat af.

Hele tiden viste der sig dog fænomener, som ikke rigtig passede ind i billedet af en blot mekanisk verden. I begyndelsen af århundredet opdagede H.C. Ørsted (1777-1851) sammenhængen mellem elektricitet og magnetisme. Udforskningen af dette fænomen optog mange fysikere og resulterede i en sammenhængende teori omkring 1860, også formuleret af Maxwell. Men det var en teori, som det var vanskeligt at give en mekanisk forståelse af. Lys er elektromagnetiske svingninger, og som sådan må stjernelyset kunne rejse som svingninger igennem det tomme rum. Og dog: hvordan er det muligt for svingninger at svinge i ingenting? Eller måske er rummet slet ikke tomt? Under alle omstændigheder blev den teoretiske beskrivelse af elektricitet og magnetisme udnyttet til mange teknologiske nybrud: til udvikling af det elektriske lys og elektromotoren, og senere til radiotelegrafi, radio og telefon, dvs. alle de nye kommunikationsteknologier. Den elektromagnetiske teori havde ikke desto

•• Maxwells ligninger

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = \frac{\delta \mathbf{B}}{\delta t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\delta \mathbf{D}}{\delta t}$$

Maxwells ligninger blev hver for sig foreslået af videnskabsmænd som Johann Gauss (1777-1855), Michael Faraday og André-Marie Ampère (1775-1836), men det var Maxwell, som indså, at deres kombination "giver et konsistent billede af nærmest alt hvad du ønsker at vide om elektricitet og magnetisme". Blandt de mest smukke ting ved Maxwells ligninger er deres grad af abstraktion og symmetri, hvilket har givet dem en slags kultstatus blandt fysikere.

mindre i sig kimen til et opgør med den mekaniske forståelse af verden, ikke kun fordi den involverede transport af energi gennem det tomme rum i form af svingninger, men også fordi den lokaliserede energi i et "felt", et be-

greb som fysikeren Michael Faraday (1791-1867) introducerer omkring 1830. Magnetens magnetisme er ikke *i* magneten, men *i* feltet uden om den. Forsøgene på at sammentænke elektromagnetisme og en mekanisk model var vigtige, men viste sig ufrugtbare.

I løbet af 1800-tallet formes også konturerne af en mekanisk forståelse af det levende. Omkring 1830 formuleres den teori, at alt levende består af celler. Man frembringer de første organiske stoffer syntetisk – kemikeren Friedrich Wöhler (1800-82) er i stand til at syntetisere urinstof i 1828 – og det opfattes af mange som, at man nu er ved at nedbryde grænsen mellem den døde natur og den levende. Fysiologi og biokemi gør enorme fremskridt, og det bliver efterhånden accepteret at betragte liv som en kompleks kemisk proces. En sådan anskuelse kaldes materialisme. Franskmanden Claude Bernard (1813-78) formulerer i midten af århundredet den opfattelse, at biologien skal studeres med de metoder, man kender fra fysik og kemi, dvs. først og fremmest eksperimentet. Hans bog *Introduktion til studiet af den eksperimentelle medicin* fra 1865 bliver nærmest et kampskrift for en gennemgribende tro på videnskaben og dens muligheder for at løse alle problemer. Flere biologer ser dog liv som noget enestående, der ikke kan reduceres til ren kemi – især folk med en romantisk videnskabsopfattelse.

Efterhånden som positivisme og materialisme får det totale overtag i midten af århundredet, ændres situationen dog. Flere biologer hævder, at noget levende kun kan opstå af noget andet levende, og enhver celle kommer således fra andre celler. Det sker ved celledeling, og i slutningen af århundredet er der ved at være klarhed over hvordan, selvom forståelsen af arvelighed først kommer til omkring 1900. Ideen gav dog problemer i forhold til livet som sådan: hvis der er sket en udvikling fra en verden uden

liv til en verden med liv, så må livet jo på et tidspunkt være opstået af det ikke-levende. I den forbindelse er der mindst tre positioner, der har betydning i anden halvdel af 1800-tallet. Den første er en videreførelse af den romantiske videnskabs opfattelse, som siger, at det levende er noget helt for sig, og at det følger særlige lovmæssigheder, der ikke kan reduceres til fysik eller kemi. Det er vitalismen. En anden position går ud på, at alt, også det levende, må studeres med samme videnskabelige metode. Et sådant studium viser, at noget levende ikke kan opstå af noget livløst.

Den franske biolog Louis Pasteur (1822-95) er den store fortaler for dette synspunkt. Man kan kalde det en positivistisk position, fordi den ikke tager stilling til de store metafysiske spørgsmål eller forsøger at skabe en samlet verdensforståelse. Holdningen er, at hvis problemer kan løses rationelt, kan de løses videnskabeligt, og det sker ved brug af videnskabens metoder – og hvad der ligger derudover, er et område for tro, dvs. noget, man som videnskabsmand ikke kan udtale sig om. Endelig er der en rent materialistisk position, der dermed også er en metafysisk position, som siger, at det levende er en kompleks form for organisation af materien, som er fremkommet på et tidspunkt, og som udvikler sig hele tiden.

Studiet af biologiske fænomener, og især fokuseringen på variationerne i livets udvikling, fører til nye behov for beskrivelse af naturfænomener. Det er ikke længere nok at beskrive ved hjælp af klassifikationssystemer, som f.eks. botanikeren gør, eller at fremlægge naturlove i matematisk form, hvor tilknytningen til naturen sker via usikre målinger. Nu må fænomenerne studeres ved hjælp af sandsynligheder – dvs. man må beskrive statistisk i stedet for mekanisk. Inden for flere områder af videnskaben finder en sådan udvikling sted, sådan at man bliver opmærksom på, at ikke kun kausale sammenhænge er virksomme i naturen. Ved slutningen af 1800-tallet opdages fænomener, som er essentielt *tilfældige*, eller som kun kan beskrives kausalt, hvis man har en viden, som intet menneske kunne have, som f.eks. viden om alle molekylers position og bevægelsestilstand. Især inden for termodynamik og biologi bliver statistiske beskrivelser nødvendige. Det kunne se ud, som om naturen ikke kun er beskrivbar med lovmæssigheder af kausal art, såsom: hvis A sker, så sker B nødvendigvis, eller hvis B er observeret, så må A nødvendigvis være gået forud – men snarere af formen: hvis A sker, så er der en vis sandsynlighed for, at B sker, og hvis B er observeret, så er der en vis sandsynlighed – men absolut ikke nogen sikkerhed – for, at A er sket forud. Et in-

teressant biologisk felt, hvor sandsynlighed syntes at spille en essentiel rolle, var arvelighed. Der var intet, der sagde, at hvis to intelligente forældre fik børn, så ville børnene også være intelligente, men der var bestemt en vis sandsynlighed for det; ligesom to mindre intelligente mennesker godt kunne få meget intelligente børn. Den engelske biolog Francis Galton (1822-1911) studerede netop sådanne sammenhænge og udviklede statistiske beskrivelsesværktøjer. Senere får statistiske beskrivelser en endnu mere central betydning i forståelsen af naturen.

Victorianisme og positivisme i videnskab og teknologi

I 1600- og 1700-tallet var der ikke de store forskelle på filosoffer og videnskabsmænd. De enkelte discipliner var ikke adskilt og blev ikke forstået, som vi forstår dem i dag. Der var heller ikke den store forskel på en matematiker og en fysiker, og mange var begge dele. Efterhånden ændrer dette sig dog drastisk. Flere og flere tekniske områder baserer sig på videnskabelige teorier. Typisk gælder det den nye kemiske industri og det elektromagnetiske område, og det gælder termodynamikken, der opstår i forsøget på at forstå dampmaskinen som en energimaskine. Også inden for det biologiske felt sker der voldsomme ændringer. Forståelsen af basale biologiske processer ændres og kan nu beskrives med f.eks. kemiske begreber. Gæring, forrådnelse osv. er naturprocesser, der kan forklares med fysiske og kemiske teorier, og ellers udvikles særlige biologiske teorier, der gør, at man kan forudsige og kontrollere disse processer. Det samme gælder de særlige biologiske processer, der har med sygdomme at gøre. Mekaniske fænomener, såsom broer og lokomotiver, spiller en stadigt større rolle i samfundet, og de skal beskrives og forstås. I og med at det er virkeligheden, der skal forstås, baserer man sig på observationer og målingsresultater – og disse bearbejdes så med matematiske ligninger, formler og statistikker. Fysik, kemi, fysiologi, medicin, alt bliver matematiseret.

Samtidig ændres forståelsen af, hvad matematik egentlig er for noget. Er matematisk fysik f.eks. matematik eller fysik? Når videnskaben ikke længere er apriori, men snarere helt og holdent baseret på observation og empiri, så ændres også forståelsen af forholdet imellem matematik og de empiriske videnskaber, og der sker især en anvendelse af matematikken i fysikken. Dette skal retfærdiggøres af observation, dvs. man må påvise, at en bestemt mate-

matisk formulering af en teori også stemmer overens med virkeligheden. At der er tale om korrekt matematik, har ikke længere i sig selv nogen empirisk mening, fordi matematikken ikke er nogen empirisk, men en formel videnskab. Samtidig sker der jo en anvendelse af den matematiske formulerede fysik til løsning af f.eks. ingeniøropgaver, eller af biologiske teorier til løsning af praktiske problemer.

Dermed opstår en art tredeling af videnskaberne. Der er de rent formelle videnskaber, først og fremmest matematikken, der ikke beskæftiger sig med noget empirisk. Så er der grundvidenskaberne: fysik, kemi, biologi osv., der beskæftiger sig med, hvordan naturen og virkeligheden er indrettet. Via denne indsigt er det muligt at løse praktiske problemer, såsom at bygge broer og brygge øl ordentligt – hvilket er, hvad de anvendte videnskaber beskæftiger sig med, f.eks. i form af lægevidenskab, landbrugsvidenskab og ingeniørvidenskab, der alle rummer stor teknisk og praktisk interesse. Ifølge denne model skal løsning af praktiske problemer ske gennem større og større forståelse af de underliggende teoretiske problemer – praksis og grundforskning går hånd i hånd.

Hvis positivisme forstås som en påstand om, at vi kun kan sige noget sandt, for så vidt vi har positivt belæg for det fra videnskaben, så er radikal empirisme og positivisme sammenfaldende synspunkter. En god eksponent for en sådan opfattelse er den engelske filosof John Stuart Mill. For positivisten er enhver påstand om, at videnskaben nu har vist, at verden ikke er andet end materielle partikler, der bevæger sig efter mekaniske love, ikke videnskabelig, men netop metafysisk – fordi det er en *fortolkning* af de empirisk konstaterbare fakta. Videnskaben kan ikke forholde sig til Guds eksistens, til eksistensen af atomer, til livets mening eller til livets væsen. Det er alt sammen noget, der kan menes noget om, og hvor videnskabelige resultater kan spille en rolle for hvilken overbevisning, man har. Men der er ikke nogle videnskabelige entydige beviser, der peger den ene eller den anden vej, og for positivisten er den ene opfattelse således lige så metafysisk som den anden. Der er altså grænser for, hvad videnskaben kan udtale sig om. Når den udtaler sig om årsagsforhold, så er det via bestemte mønstre i observerede forhold. Mill fremlagde f.eks. en række metoder til at afgøre, om der var tale om årsags-virkningsforhold mellem bestemte fænomener.

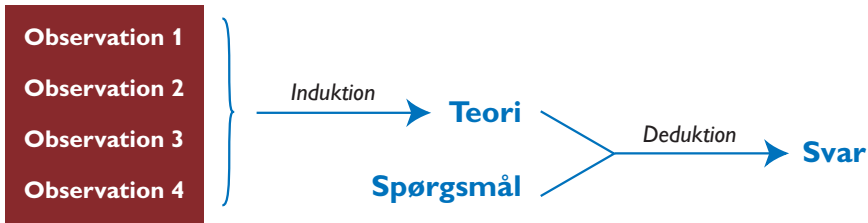
Positivismens konsekvente anti-metafysik betød dog ikke, at der ikke blev fremsat metafysiske teorier på baggrund af videnskabens resultater.

Den vigtigste var her en såkaldt monistisk materialisme, dvs. et synspunkt, der gik ud på, at verden var af ren materiel karakter, at der udelukkende fandtes materien og de kræfter, der virkede i den.

Der var dog også teorier, der lagde mere vægt på det monistiske end på det materialistiske. En naturforsker som f.eks. Ernst Haeckel (1834-1919), hvis bog om *Verdensgåderne* fra 1899 opsummerede en metafysisk forståelse af biologien og darwinismen, var således ikke materialist, men netop monist – dvs. at han hævdede, at der i verden kun var én form for substans. Samtidig troede han fuldt og fast på, at videnskaben kunne løse alle problemer og dermed blive en erstatning for religionen. Dette var helt i modstrid med positivismen, der netop kun anerkendte det, der havde belæg i observerede kendsgerninger. Op til midten af 1800-tallet var det muligt at hævde, at filosofien som en metafysisk erkendelsesform havde den højeste status inden for vores erkendelse af verden. Men efterhånden som videnskabens status øgedes, og der blev skabt en verden præget af teknologi og tro på videnskabens muligheder for at sikre fremskridtet, blev filosofiens status ændret. Man begyndte snarere at hælde til, at kun videnskaben kunne give sikker viden om verden. Men til et sådant synspunkt må man nødvendigvis indvende, at det ikke er klart, hvad det egentlig er for en type viden, som videnskaben kan give os.

De metoder, som videnskaben har til rådighed, er først og fremmest observation og eksperiment. Det helt afgørende ved begge disse er, at de skal foregå på en måde, så andre kan gøre tilsvarende erfaringer observationelt eller eksperimentelt – dvs. de skal kunne gentages. Videnskaben går så frem dels ved at generalisere ud fra tidligere erfaringer – det kaldes induktion eller syntese. Og dels ved ud fra hypoteser at drage konklusioner, der søges holdt op imod erfaringen – det kaldes deduktion eller analyse. Udgangspunktet for erkendelse er i sidste ende altid observation og eksperiment, og enhver påstand, der fremsættes som videnskabelig, skal kunne stå for eksperimentel afprøvning, ellers er der ikke tale om videnskab. Videnskabsmanden er en art detektiv, der søger efter sandheden, og som hele tiden må søge efter den bedst mulige forklaring, og i dette alene lade sig lede af, hvad det er muligt at observere. Som sådan kan Conan Doyles (1859-1930) Sherlock Holmes-figur stå som et godt eksempel på forståelsen af videnskaben i victorianismen.

I forlængelse af det nye syn på videnskaben var der mange i slutningen af det 19. århundrede, der ikke længere troede på politiske eller sociale løs-



Induktion er den proces, hvor man ud fra eksempler og observationer udleder generelle principper – dvs. går fra det partikulære til det almene. Deduktion er den proces, hvor man ud fra givne præmisser ræsonnerer og evaluerer sig frem til et svar – dvs. går fra det almene til det partikulære. De fleste erkendelser opnås ved et samspil mellem disse metoder.

ninger på sociale problemer. Man mente, at den orden, der fandtes i verden, var en naturlig orden. Derfor skulle problemer løses med indgreb i naturen via teknologi. Lægevidenskab, hygiejne, racepleje – i form af en videnskabsbaseret teknologi kaldet eugenik – var bud på sådanne løsninger. Fattigdom, forbrydelse og andre afvigelse blev forstået som naturlige fænomener, der så kunne forebygges eller ændres ved indgreb i naturen, indgreb der netop baseredes på indsigt i naturen, dvs. naturvidenskab. Denne opfattelse af det naturlige betød også, at *alt* kunne studeres. Videnskaben skulle ikke være underlagt bestemte værdiopfattelser eller religiøse anskuelse, og man begyndte at studere fænomener, der tidligere havde været tabu af moralske eller religiøse årsager. Seksualiteten og dens afvigelse, fremmede folkeslag, andre religioner – principielt alt menneskeligt – kunne studeres af den fordomsfri forsker, idet alt i sidste ende var naturligt.