

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.

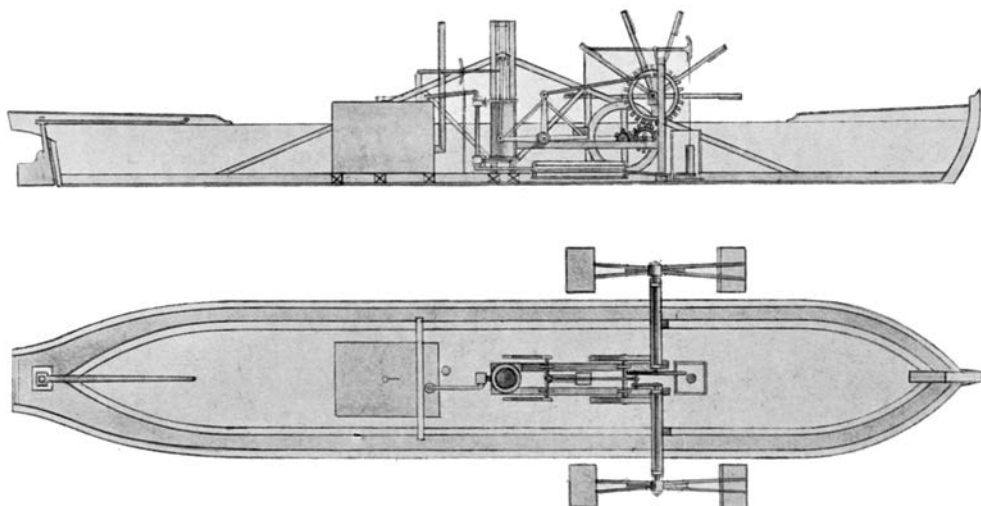
Nogle kemikere hævdede omkring år 1800, at grundstoffer kunne kombineres på mange måder og danne samme kemiske forbindelse. Natrium og klor kunne således i mange forhold danne salt. Kemikeren Joseph Louis Proust (1754-1826) mente ikke, dette var muligt. Hvis de to stoffer kombineredes, var det altid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

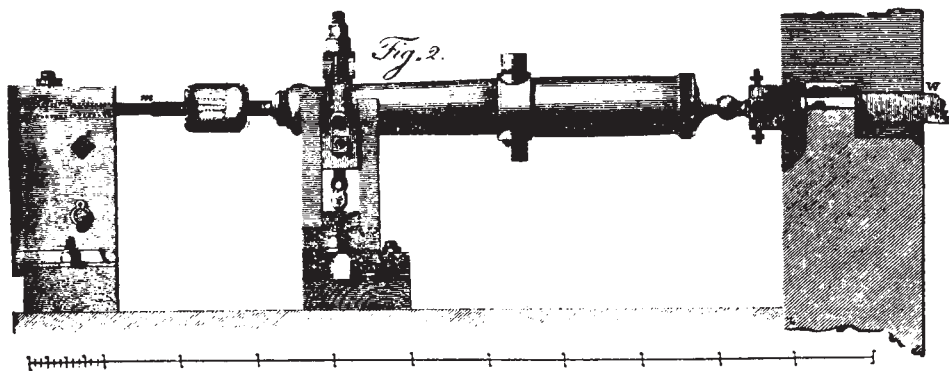


og sedimentering. Geologien skulle give helt andre forklaringer senere, men på basis af samme teoretiske udgangspunkt.

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*.



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 virkeligt 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