

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 den 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

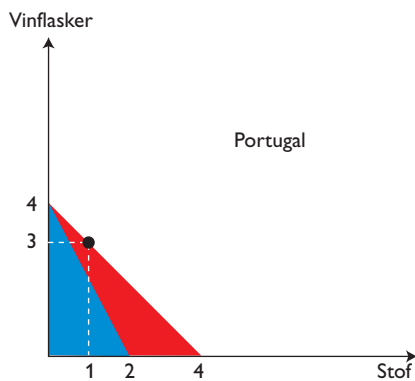
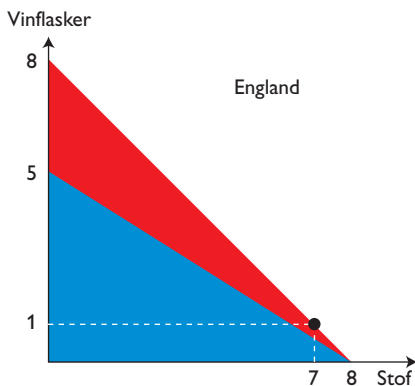
I tabellen ser man, at England har en absolut fordel i produktionen af både vin og stof, fordi arbejderne kan producere mere vin og mere stof på en 40 timers arbejdsuge, end man kan i Portugal. Alligevel kan det betale sig at handle med Portugal. Hvorfor? Fordi de såkaldte alternativomkostninger, der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

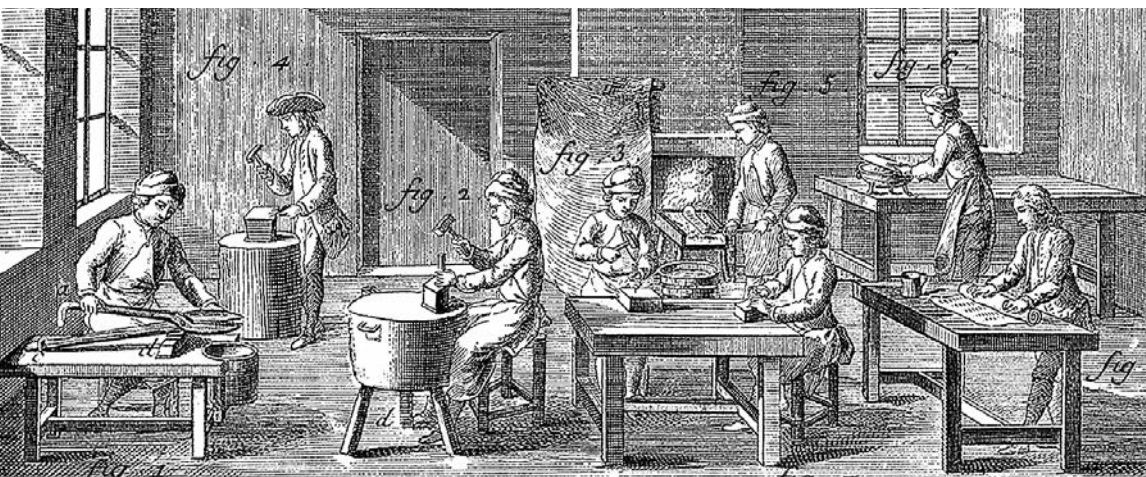


producere 1 flaske vin. Det betyder, at Portugal har en komparativ fordel i produktionen af vin, fordi alternativomkostningerne er lavere i Portugal end i England, mens England har en komparativ fordel i produktionen af stof, fordi alternativomkostningerne er lavere i England end i Portugal.

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.

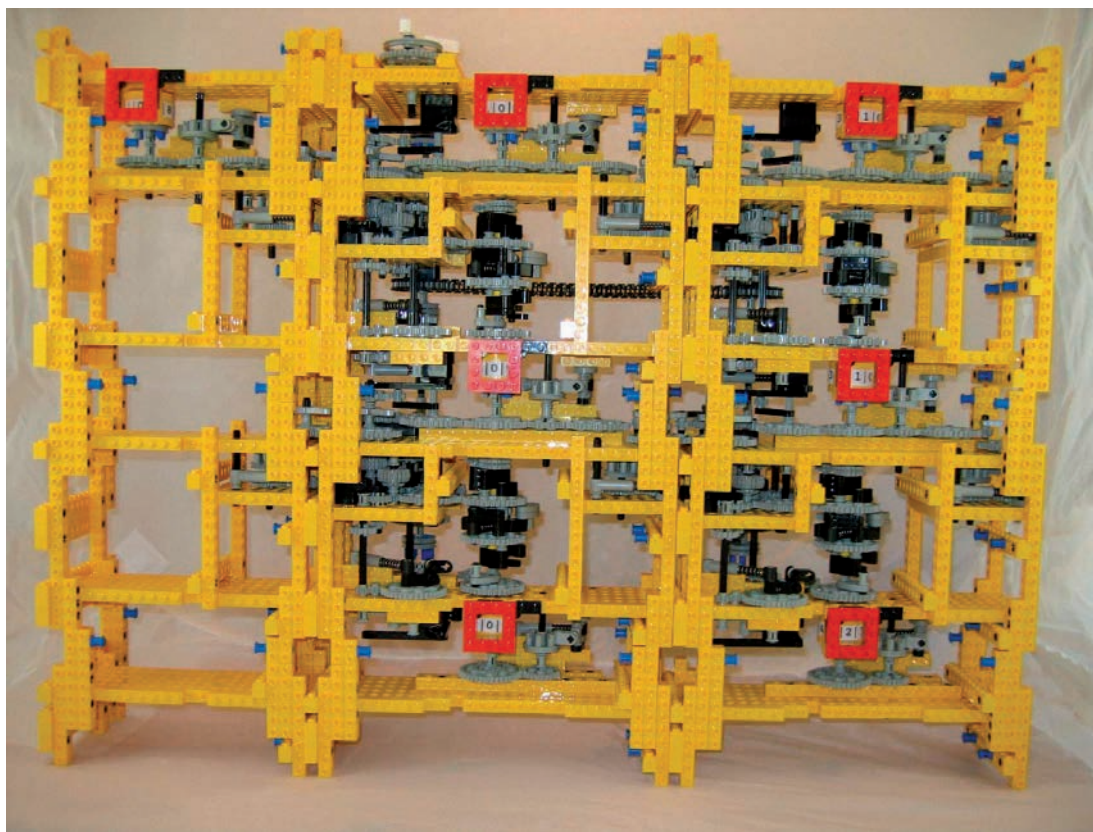
Det lykkedes ham faktisk at konstruere principperne for sådanne maskiner, som han kaldte differensmaskiner, og også at realisere dele af dem. Men trods enorme investeringer og mandetimer kunne han ikke løse de helt mekaniske produktionsvanskeligheder. Alligevel opnåede han i processen helt afgørende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

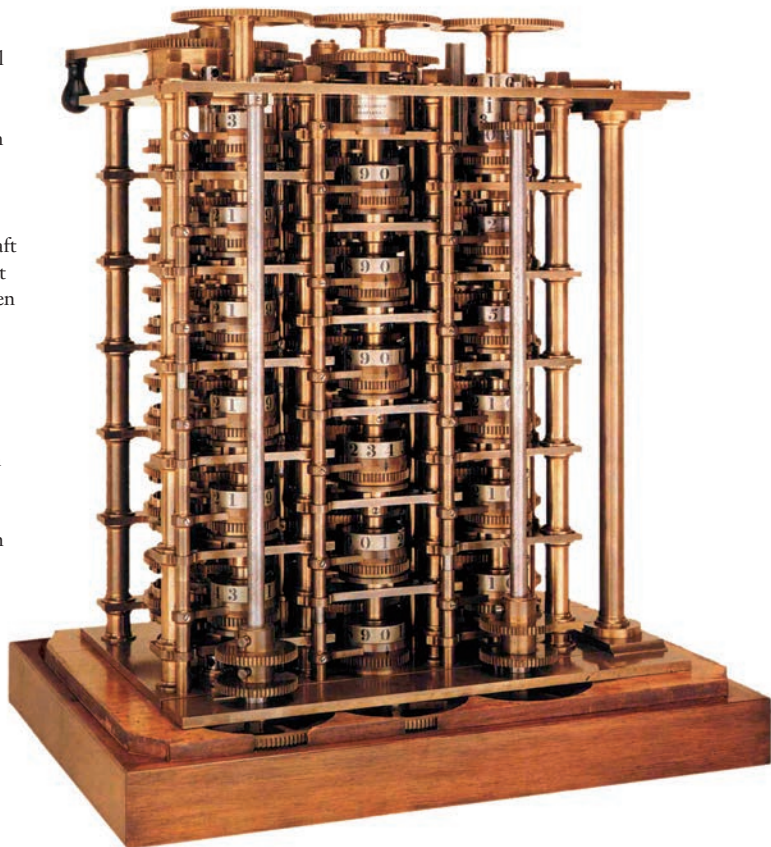




kul var, hvad vi nu kalder energikilder. De kunne bruges til at udføre arbejde, via vandhjul og dampmaskiner. I 1824 havde den franske ingeniør Sadi Carnot (1796-1832) fremlagt en teori om, hvordan energimaskiner fungerer. De rent mekaniske dele med hjul og stænger osv. var for så vidt ikke uklare. Men 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 temperaturforskel, 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-