

5 Etableringen af de videnskabelige discipliner

I løbet af 1800-tallet etableres langsomt et videnskabeligt system, og der etableres en lang række teorier og begreber, som vi stadig bruger og anser for fundamentale. Naturfilosofi og naturlære bliver til en lang række videnskabelige discipliner, der har egne videnskabelige selskaber, egne lærestole og egne uddannelser. Astronomi, fysik, kemi, geologi, geografi, biologi, biokemi m.v. etableres som egne discipliner med egne tilgange og teorier. Mange universiteter etablerer selvstændige naturvidenskabelige fakulteter, og imod slutningen af 1800-tallet er naturvidenskaben sammen med en naturvidenskabeligt funderet lægevidenskab et meget væsentligt element i forskning og højere uddannelse. Denne etablering sker på baggrund af, at man inden for en lang række områder får etableret teoridannelser, der både giver mulighed for forklaring af hidtil uforståede fænomener og mulighed for teknologisk anvendelse.

I dette kapitel vil vi se på dannelsen af en række centrale begreber og teorier inden for fysik, kemi, biologi, medicin, psykologi og matematik. Til slut vil vi se på, hvordan der langsomt udvikler sig en begyndende diskussion

af forholdet mellem empirisk videnskab og filosofisk refleksion og på, hvordan man forsøger at give forskrifter for videnskabeligt arbejde og definere “den videnskabelige metode”.

◀ Den franske biolog Antoine Jean Cocquebert de Montbret (1753-1825) udgav fra 1799 til 1804 et rigt illustreret værk om insekter, med den mundrette titel *Illustratio iconographica insectorum quae in musaeis parisinis observavit et in lucem edidit Job. Cbrist. Fabricius, praemissis ejusdem descriptionibus; accedunt species plurimae, vel minus aut nondum cognitae*. Han tilstræbte den fuldstændig nøjagtige kategorisering og gengivelse af det enkelte insekt. En lignende bestræbelse kan på mange måder siges at kendetegne 1800-tallets opfattelse af videnskaben og dens enkelte discipliner.

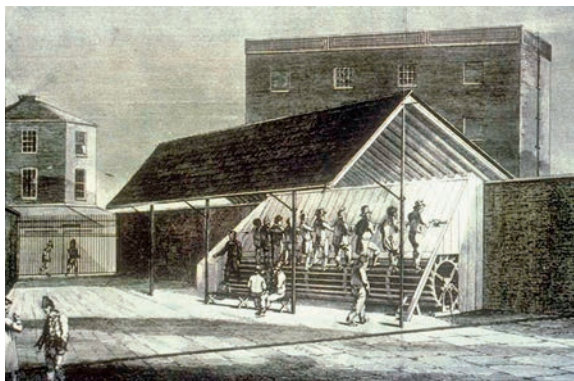
Den levende kraft – energi og varme

Hvad vil det sige, at noget har energi, og hvordan opstod begrebet? Og hvad er sammenhængen mellem energi og varme? Forståelsen af dette hang i 1800-tallet tæt sammen med den teknologiske udvikling af varme-maskiner, først og fremmest dampmaskinen og den tilhørende industrielle revolution. Dampmaskiner ændrede produktionsforholdene og skabte mulighed for jernbaner og regelmæssig skibstrafik.

Varme har vi altid kendt til som noget vigtigt for at overleve og for at lave mad. Ur-oplevelsen af varme stammer fra ild og fra vores egen og dyrenes kropsvarme. Med dampmaskinen fik man for første gang en maskine, der kunne omdanne varme til arbejde. Tidligere havde man udelukkende baseret kraftmaskiner på menneskers, dyrs, luftens eller vandets tryk – f.eks. vind- og vandmøller.

I adskillige år efter dampmaskinens fremkomst mente man, at varme var et særligt stof, der havde egenskaber som en flydende masse, f.eks. som vand. Teorien skyldtes bl.a. kemikeren Antoine Laurent de Lavoisier (1743-94) og ikke mindst Sadi Carnot (1796-1832), der fremlagde den første egentlige forståelsesmodel for varmemaskiner, selvom han nok selv begyndte at tvivle på dens korrekthed på sine ældre dage.

De mekaniske processer mente man at kunne forstå ud fra en række bevarelseslove. Carnot tænkte i analogi med vand, der falder og derved kan drive vandhjul og udføre arbejde. Men hvad skete der egentlig, når noget faldt? Og hvor kom bevægelsen fra, når man via afbrænding af kul i en dampmaskine kunne fremkalde bevægelse? Pierre Simon Laplace (1749-1827) havde omkring 1800 genformuleret den teori, at alting i virkeligheden bestod af



Som en ny og fremskridtsorienteret form for straf indførte man i begyndelsen af 1800-tallet trædemøllen i engelske og skotske fængsler. På denne trædemølle fra Brixton-fængslet i London skulle de indsatte arbejde 10 minutter ad gangen med 5 minutters pause. I nogle tilfælde drev trædemøllen en mølle, men som oftest blev det udførte arbejde ikke brugt til noget som helst · Guildhall Library, London.

en række mindre dele, af partikler, der interagerede på den måde, at de enten kunne tiltrække eller frastøde hinanden. Tyngdekraften var et eksempel på tiltrækning, og elektriske og magnetiske fænomener gav anledning til frastødning. Man kunne også give love for disse fænomener. Samtidig formuleredes en generel kemisk teori om atomer, ifølge hvilken stofferne var sammensat af atomer, og at de forskellige stoffer havde forskellige egenskaber. Derfor kunne man sige, at et givet grundstof – dvs. et stof, der ikke kemisk kunne nedbrydes til noget andet – havde en bestemt atomvægt. Måling på kemiske reaktioner viste, at det var meningsfuldt at antage dette, samt at de forskellige grundstoffer i deres kemiske forbindelser indgik i simple talforhold. Mange kemikere og fysikere var således overbeviste om atomteorien og om, at alle fysiske og kemiske fænomener grundlæggende kunne forklares ud fra rent mekaniske interaktioner mellem disse elementarpartikler.

I kemien gav atomteorien mening og orden. I fysikken blev den anset for mere spekulativ, og med hensyn til forståelsen af varme var den problematisk. Hvis varme var et stof med væskeegenskaber, så måtte det jo bestå af atomer og burde således kunne indgå i kemiske forbindelser og reaktioner. Men kunne man sige, at der fandt en kemisk reaktion sted, når man ved at øge trykket i en beholder også øgede temperaturen? Og hvor blev varmen egentlig af?

I 1840'erne begyndte en alternativ forståelse at brede sig – nemlig at varme slet ikke var et stof, men en mekanisk egenskab ved alt stof, knyttet til atomer og molekyler. Varme var simpelthen bevægelse på partikelniveau. Når varme kunne blive til arbejde, så var det fordi, varme i virkeligheden var en mekanisk egenskab i sig selv. Det var således ikke særligt hensigtsmæssigt at tænke om varmeprocesser som analoge med fald af vand eller tilsvarende. Man måtte snarere tænke om det som en ændring af stoffets tilstand fra én tilstand til en anden. Man kunne jo også ved arbejde producere varme, det havde allerede Graf von Rumford (1753-1814) vist. Hvis det hang sådan sammen, så var det rimeligt at antage, at varme var en egenskab, der bevarede, ligesom bevægelsesmængden gjorde. Arbejdet blev til varme, og varme kunne blive til arbejde. Måske var der endda en simpel sammenhæng imellem disse fænomener. Flere forskere fremsatte derfor tesen om det, vi nu kalder energiens konstans.

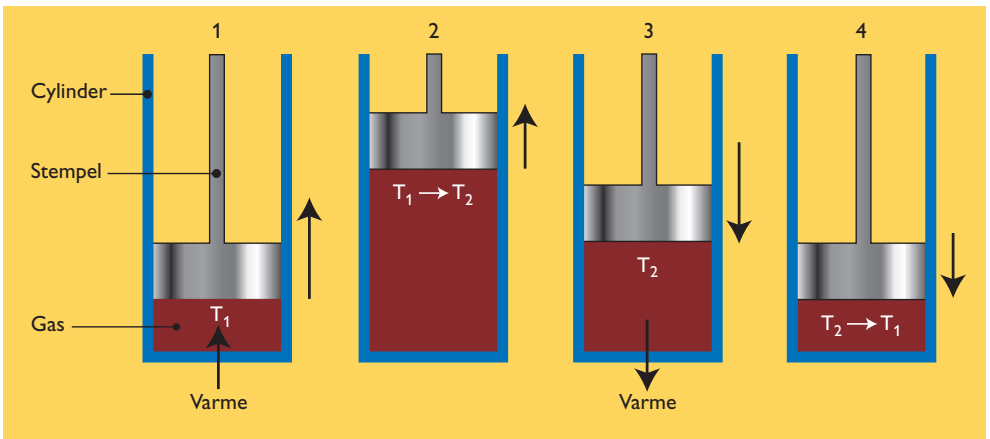
Evnen til at udføre arbejde blev længe i fysikken kaldt “den levende kraft” med en interessant biologisk metafor, og energibegrebet som en til-

standsfunction ved ethvert fysisk system fremkom først senere. Ideen om bevarelsen af “den levende kraft” måtte betyde, at der måtte være et bestemt forhold mellem varme og arbejde. Varme blev målt i kalorier og var knyttet til en mængde af et stof og dets temperatur. En bestemt varmemængde kunne altså f.eks. angives som den mængde varme, der skulle til at opvarme en liter vand fra f.eks. 20 til 30 grader celsius. Arbejde blev målt på en helt anden måde, f.eks. som det, der skulle til for at løfte et lod på 100 kg en meter op i luften. Der var mange eksempler på, at varme kunne udføre arbejde, men ifølge bevarelseshypotesen skulle arbejde også kunne frembringe varme. Faktisk skulle en genstand, der faldt et vist stykke vej, stige i temperatur, og vandet i et vandfald skulle således være varmere ved faldets fod end dets top. Og det viste sig da også at være tilfældet. Ved en række eksperimenter fandt flere forskere frem til, at der var et konstant forhold imellem arbejde og varme, og dette forhold blev kaldt varmens mekaniske ækvivalent. Man kunne altså oversætte mellem målinger af varme, f.eks. i kalorier, og målinger af arbejde, f.eks. i hestekraft eller watt.

Carnot havde hævdet, at en varmemaskines effektivitet alene afhang af de temperaturforskelle, man arbejdede med – jo større, jo bedre. Dette var helt afgørende for de principper, der blev konstrueret varmemaskiner ud fra, hvad enten det var dampmaskiner eller senere typer forbrændingsmotorer.

Efter 1850 begyndte flere og flere at tilslutte sig opfattelsen af, at varme ikke var en substans, men udtryk for mekaniske egenskaber ved materielle systemer, først og fremmest bevægelse. Et materielt system havde altså alene i kraft af sin tilstand en egenskab, der gjorde, at det på forskellig vis kunne bringes til at udføre arbejde. Og det var, hvad enten systemet udnyttedes kemisk (f.eks. ved kulafbrænding), elektrisk, magnetisk eller blot via systemets rent mekaniske egenskaber. Denne egenskab kaldtes energi. Man havde dermed formuleret en tese om, at disse forskellige egenskaber kunne omformes til at udføre arbejde. Men denne omformning var ikke fri eller vilkårlig, ligesom der heller aldrig kunne opstå eller forgå energi. Kun ved at tilføre arbejde, kunne man hæve temperaturen i et system.

Man arbejdede dog stadig med tanken om den reversible varmemekaniske proces og begyndte at undersøge, om sådanne processer kunne virkeliggøres andre steder end på papiret. Man fandt frem til, at det ikke var tilfældet. Når det kom til stykket, var alle energiprocesser energikrævende, fordi der under forløbet “slap energi væk”. Energien forsvandt i form af

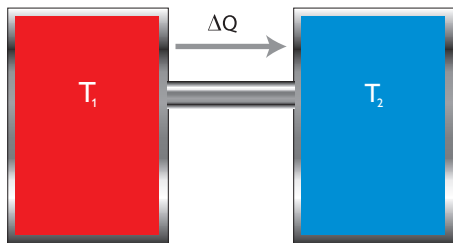


varme, f.eks. friktionsvarme eller reaktionsvarme, kaldet “entropi”. Med andre ord fandt man ud af, at alle fysiske processer foregik sådan, at der var mere entropi efter end før, de var foregået. Det er termodynamikkens anden hovedsætning, ifølge hvilken alle processer tenderer imod afgivelse af varme, og at varme ikke fuldstændigt kan omdannes til andre former for energi, andet end netop entropi. Det betyder f.eks. også, at evighedsmaskiner ikke kan konstrueres, fordi alle fysiske systemer taber varme, når de udfører arbejde – de er med andre ord irreversible.

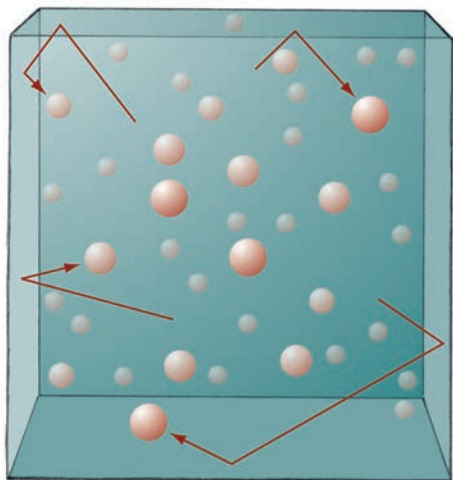
Det skulle senere vise sig, at dette faktisk kun gælder for isolerede systemer, men i sidste halvdel af 1800-tallet tillagde man termodynamikkens anden lov en meget fundamental rolle for al fysik. Den tyske fysiker Rudolf Clausius (1822-88) formulerede det sådan, at universets entropi kun kan vokse, og han begyndte at tale om “varmedøden”, hvorved alt levende og alt, hvad der møjsommeligt var blevet opbygget af menneskehånd, igen ville forfalde og med usvigelig sikkerhed blive til støv.

Fysikeren James Clerk Maxwell (1831-79) fremlagde i løbet af 1860’erne den teori, at termodynamiske processer var resultatet af bevægelser i molekylerne. På basis af denne hypotese var det ud fra målinger og eksperimenter nu muligt at sige noget om både antal, størrelse og hastighed af de atomer eller molekyler, som materien ifølge atomteorien skulle bestå af. Man kom

Carnots reversible eller ideelle varmemaskine kan (i teorien) uden tab omdanne arbejde til varme og varme tilbage til arbejde igen. I en idealiseret opstilling foregår det ved, at (1) ydre varme optages af gassen ved en konstant temperatur T_1 , hvilket forårsager mekanisk arbejde ved, at et stempel presses op, hvorefter (2) ekspansionen fortsætter, indtil gassens temperatur er faldet til T_2 , hvorefter (3) stemplet igen trykkes ned og varme tabes ved konstant temperatur. Til sidst (4) presses gassen uden varmetab igen sammen til sit udgangspunkt T_1 . Bemærk, at varme i denne forståelse ikke er det samme som temperatur. Carnot mente, at varme var et bestemt stof, som bevirkede en ændring af et objekts interne tilstand.



Termodynamikkens anden lov siger, at entropien i et isoleret system, som f.eks. de to forbundne kar i billedet, vil øges, indtil systemet har opnået en ligevægt. Mere præcist er entropitilvæksten ΔS lig med varmeændringen ΔQ divideret med temperaturen T . Hvis en proces er irreversibel, som stort set alle fysiske processer er det i virkeligheden, vil den kombinerede entropi for systemet og omgivelserne stige. Dette fik fysikeren Rudolf Clausius til at proklamere, at hele universet går imod "varmedøden" (se også s. 260).



Maxwells kinetiske teori giver en atomistisk forklaring på termodynamiske størrelser som tryk og temperatur. Den går ud fra, at molekyler i en gas bevæger sig tilfældigt rundt med forskellig fart, og at den gennemsnitlige hastighed derfor er et udtryk for gassens temperatur. Når et molekyle rammer en væg, vil det udøve en lille kraft. Summen af alle disse vil være et udtryk for gassens tryk. Maxwells teori fik stor betydning for Einsteins senere arbejde med de Brownske bevægelser (se s. 233).

frem til, at atomer eller molekyler måtte være små sfæriske kugler med en diameter af størrelsesordenen 10^{-8} cm, og at de bevægede sig med hastigheder omkring 2000 kilometer i sekundet – dog kom de ikke så langt, da de hele tiden stødte ind i hinanden.

Resultaterne af studierne af varme og fremkomsten af en mekanisk teori om energiprocesser var mange og betydningsfulde. For det første medførte de et utal af nye teknologier, f.eks. forbrændingsmotoren, der blev forudsætningen for biler og fly, men også for køleteknologien, der igen blev forudsætningen for en revolution inden for transport, idet fordærvelige fødevarer nu kunne transporteres over lange afstande. Dampmaskinen i form af damplokomotiver havde allerede gjort sit til at ændre landkortene og økonomien. Med energibegrebet fik man også for første gang en samlet og generel beskrivelse af vidt forskellige fysiske fænomener, og indsigten i sammenhængen mellem de forskellige energiformer og i energiens konstans har været betegnet som den største fysiske indsigt opnået i 1800-tallet.

Der var dog stadig en lang række problemer med at forstå fysiske fænomener som værende mekaniske. Godt nok kunne fysikerne nu meningsfuldt tilslutte sig kemikernes atomteori, hvor varme i sidste instans var identisk med atomernes bevægelse. Men fordi atomerne var så små, så mange og bevægede sig med

så høje hastigheder, opførte de sig alligevel ret mærkeligt, og de lovmæssigheder, man fandt frem til, kunne kun formuleres i statistiske begreber. Man kunne måle på en luftart indesluttet i en beholder – den havde en temperatur, et tryk, en masse osv. – men målingerne var behæftede med usikkerheder, hvorfor man reelt kun kunne sige, at med en så og så stor sandsynlighed befandt luftartens temperatur sig i det og det temperaturinterval. Jo bedre målinger, des mindre intervaller og des højere sandsynligheder. Men når man udtalte sig om luftarten set som en ansamling af atomer, så kunne man reelt ikke sige andet, end at der var en så og så stor sandsynlighed for, at så og så mange af atomerne havde en hastighed i den og den størrelsesorden. I forhold til den dominerende deterministiske forståelse af naturen, efter hvilken man burde kunne forudsige mekaniske systemers opførsel ned til mindste detalje, var det problematisk. Man kunne nemlig ikke fortælle noget om de enkelte atomer, men måtte nøjes med at give en beskrivelse af en generel “tilstand” i denne enorme mængde af atomer. De mekaniske systemer havde altså sandsynlighedsegenskaber og var derfor underlagt en vis usikkerhed og tilfældighed.

Den amerikanske fysiker Josiah Willard Gibbs (1839-1903) og den østrigske fysiker Ludwig Boltzmann (1844-1906) antog, at det var meningsfuldt at tillægge et system netop den slags statistiske egenskaber. Boltzmann fortolkede i 1877 den mængde af energi, som et system ikke kan bruge til at udføre arbejde med, dvs. entropien, til at være et mål for antallet af mulige atomare mikrotilstande, der ikke ville påvirke den makroskopiske tilstand. Det betød også, at entropien var et mål for uorden i systemet, fordi meget “ordnede” systemer har tendens til at have meget få konfigurationsmuligheder, mens “uordnede” systemer har mange. Man kan sammenligne situationen med en håndfuld mønter, der kastes. Hvis alle mønter lander på krone, vil det være en meget ordnet og meget usandsynlig tilstand. Men hvis ca. 50 procent lander på krone, hvilket er det mest sandsynlige, vil det se ud som en meget uordnet tilstand. Når mekaniske processer altid resulterede i en entropiforøgelse, var det fordi, de altid bevægede sig imod en mere sandsynlig atomar konfiguration.

Disse overvejelser betød, at et fysisk system som f.eks. en luftart kunne beskrives på to niveauer. Ét niveau benyttede sig af begreber som energi, temperatur, tryk, masse, rumfang – begreber, der var knyttet til virkeligheden via måleprocesser, og som ikke forudsatte, at man havde nogen teori om,

hvad en luftart egentlig var for noget. Et andet niveau forudsatte en teori om, at en luftart bestod af mange meget små atomer, der alle var mekaniske genstande, og disses opførsel som system måtte beskrives på en helt anden måde, nemlig ved hjælp af sandsynlighed, hvor man antog, at egenskaber ved atomerne var fordelt på mange værdier. Derfor kunne man kun tale om gennemsnit og sandsynlighed for, at et bestemt atom befandt sig i en bestemt tilstand, men man kunne aldrig kunne sige noget om denne tilstand, som den faktisk var.

Man kunne således forklare de makroskopiske egenskaber ud fra de mikroskopiske, og det var en enorm sejr for teorien, men samtidig mistede man den præcise og deterministiske beskrivelsesmåde, idet man måtte introducere forestillingen om, at et system havde "objektive" sandsynlighedsegenskaber. Sandsynlighed var altså ikke her noget, der var knyttet til en observation eller målings unøjagtighed, men til selve det observerede system. Det skulle vise sig utrolig vigtigt i den senere idehistorie og i fysikkens udvikling, hvor sandsynlighed i 1900-tallet kom til at spille en helt afgørende rolle.

Lad der blive lys

Ligesom energibegrebet er helt centralt i dag, er fænomener knyttet til elektricitet, magnetisme og til elektromagnetiske svingninger det. Vi omgiver os med et utal af elektriske og elektroniske redskaber og instrumenter, og uden telefon, tv og computer er et højteknologisk samfund umuligt. Energifænomener har mennesket altid forholdt sig aktivt til. Det er stort set umuligt at overleve uden brug af ild eller isolering fra kulde eller varme. Der må varmes op, koges og steges, og man må have tøj på kroppen og mad på bordet. Elektriske og magnetiske fænomener er det derimod sværere at forholde sig aktivt til. Uden at vide det er man selvfølgelig afhængig af lyset, som siden ca. 1870 er blevet opfattet som elektromagnetiske svingninger, og selvfølgelig er det også sådan, at mange af de genstande, vi omgiver os med, rummer elektriske kræfter. Men det er ret sent i menneskets historie, at man eksplicit begynder at udnytte naturens elektriske og magnetiske kræfter.

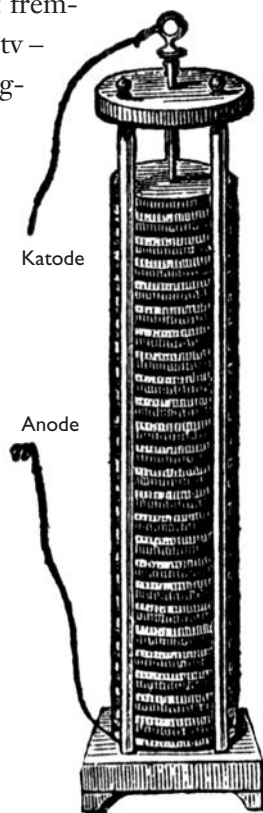
Første eksempel er magneten. I slutningen af 1700-tallet er elektriske fænomener på mode. Amerikaneren Benjamin Franklin (1706-90) udforsker lyn og opdager, at det er elektriske udladninger. Det lykkes italieneren Alessandro Volta (1745-1827) at fremstille den første stabile kilde til elektrisk

strøm, Voltasøjlen, der er verdens første batteri. Derefter kunne udforskningen af elektriske fænomener tage fart. I 1820 opdager Hans Christian Ørsted (1777-1851) samspillet mellem elektrisk strøm og magnetiske udslag, og nogle år senere opdager englænderen Michael Faraday (1791-1867) den modsatte sammenhæng mellem aktivering af en magnet og generering af en elektrisk strøm, dvs. induktion. Det er baggrunden for frembringelsen af elektrisk strøm ved bevægelse af magneter, hvilket er princippet i en dynamo.

Strøm kunne frembringes ved kemiske midler – batterier – eller ved mekanisk arbejde og magneter – dynamoer. Men påvirkningen mellem ledning og magnet var ikke direkte. Faraday introducerede begrebet “felt” til at udtrykke det forhold, at den virksomme del af en magnet befandt sig uden om magneten, og at den del af strømmen i en ledning, der kunne påvirke en magnet, på samme måde befandt sig uden om ledningen. En mængde teoretikere arbejdede med at formulere de opdagelser og målinger, der blev gjort om elektricitet og magnetisme, og det kulminerede i en samlet teori, fremlagt af Maxwell i 1867. Den forudsagde dels muligheden for at frembringe elektromagnetiske svingninger – og dermed radio og tv – og dels fremsatte den en hypotese om, at lyset var elektromagnetiske svingninger.

Der er således stor succes med teorierne om elektriske og magnetiske fænomener. Men de giver alligevel problemer, når det drejer sig om forståelsen af naturen. For hvis man antager, at naturen består af små kugleformede atomer i et tomt rum, hvor der virker særlige kræfter, bliver det svært at redegøre for de elektriske eller magnetiske fænomener. Tyngdekraften havde været den bedste model for en “kraft” med et “felt”, idet den påvirker masser i rummet efter en kendt lov. Den virker, som gik den i en lige linje mellem massernes tyngdepunkter, og den kan beskrives som en art felt – et felt forstået på den måde, at der i rummet omkring Jorden er et sådant forhold, at en masse anbragt på et givet punkt vil få en bestemt vægt, og lige meget hvad der

Voltasøjlen er det første elektriske batteri i verden. Den består af tre lag, der gentages mange gange: en plade af kobber, en plade af zink og et mellemlægslag (kaldet en elektrolyt) bestående af pap vædet i saltsyre. Elektronerne i metallerne vil så kunne transporteres gennem søjlen og generere strøm.



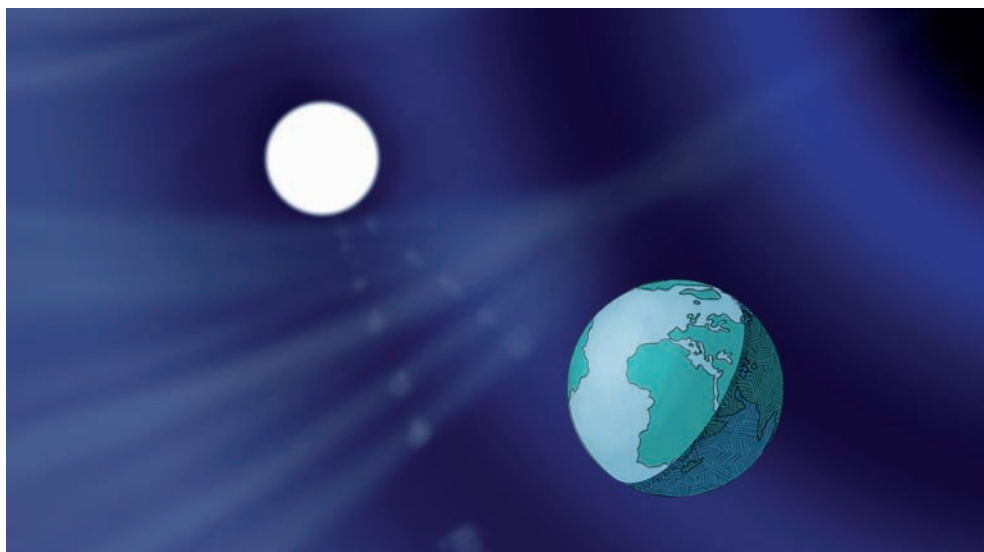
er imellem en sådan genstand og Jorden, vil der være den samme påvirkning. Der er altså tale om påvirkning over afstand.

Anderledes er det med magnetiske og elektriske påvirkninger. De ligner på visse måder: elektrisk tiltrækning kan accelerere et legeme. Men elektrisk tiltrækning kan isoleres, og påvirkningen opstår i en lang række tilfælde som resultat af dynamiske forandringer, f.eks. at en magnet flyttes i relation til en strømførende ledning.

Faraday var den første, der tillagde "feltet" reel eksistens, og ikke kun så det som en praktisk beregningsmæssig størrelse. "Feltet" var for ham et fysisk fænomen, som fandtes i rummet mellem objekter. Faraday kaldte disse fysiske fænomener for kraftlinjer, og via dem skete der en direkte påvirkning mellem de magnetiske og elektriske legemer. Dette førte til en opfattelse af, at felter var virkelige størrelser – enkelte forskere mente endda, at felter var det eneste virkelige. Fysikere som Lord Kelvin (1824-1907), Maxwell og tyskeren Hermann von Helmholtz (1821-94) fremsatte teorier om, at felter i virkeligheden var en art mekanisk fænomen, således at de elektriske og magnetiske fænomener, herunder de elektromagnetiske svingninger, var mekaniske fænomener i en bestemt substans kaldet "æteren". For at få en sådan teori til at stemme overens med de observerede fænomener, måtte æteren have en række meget interessante mekaniske egenskaber, som det var svært at redegøre for. Men at der kunne overføres energi mellem legemer, var klart nok, og at det kunne ske via stråling – f.eks. varmestråling eller lysstråling – var også indlysende. Lige gyldigt hvad, så måtte der altså eksistere et medium, som energien flyttede sig gennem.

Allerede i århundredets begyndelse havde englænderen Thomas Young (1773-1829) genoplivet den gamle teori om lyset som et bølgefænomen. Det var sket på baggrund af en række eksperimenter med interferens, som var svære at forklare, hvis man antog, at lyset var en partikelstrøm. Maxwell havde beregnet, at elektromagnetiske svingninger, hvis de fandtes, ville udbrede sig med en hastighed identisk med den, man kendte for lyset. At det skulle være et tilfælde, var næsten for usandsynligt – det pegede snarere på, at lys var elektromagnetiske svingninger, hvilket også kunne forklare en lang række af de kendte lysfænomener.

Det var imidlertid klart for fysikerne, at man stod med to meget forskellige naturopfattelser, der begge kunne sandsynliggøres. På den ene side havde man en atomistisk og mekanisk naturopfattelse, som havde god evidens



fra kemien og fra teorien om varme som bevægelse. På den anden side havde man en teori om felter, om dynamiske fænomener, om energi som noget grundlæggende. Her blev fysiske og kemiske processer opfattet som transformationer af energi, og flere fysikere og filosoffer formulerede direkte et “energetisk” grundsynspunkt, hvor verden udelukkende bestod af energifænomener. Begrebet om en æter var et forsøg på at få nogle energifænomener til at være mekaniske.

Det var således omkring 1880-90 klart, at man ikke havde en samlet naturopfattelse inden for fysik og kemi. Den mekaniske teori havde fejret store triumfer, men de elektriske og magnetiske fænomener passede ikke rigtig med teorien. Energisynspunktet havde med sin sammenfattende karakter leveret et alternativ, selvom det ikke var så anskueligt som den klassiske mekaniske “billardkugle”-model, hvor verden bestod af små kugleformede atomer, der enten for rundt imellem hinanden eller opførte sig veldisciplineret i krystaller og andre faste stoffer.

At man ikke havde en tilfredsstillende teori om elektromagnetiske fænomener forhindrede dog ikke, at elektricitet og elektromagnetisme kunne udnyttes teknologisk, og dynamoer, elektromotorer og elektrisk lys forandrede samfundet på grundlæggende vis. Det blev et elektrisk samfund, op-

Æteren blev opfundet, for at planeter kunne svømme i den, elektriske og magnetiske felter “ses”, og for at lys kunne udbrede sig. Men en efter en blev teorierne om en æter gendrevet af bedre teorier, der ikke havde brug for en sådan substans. På billedet ses Christiaan Huygens (1629-95) og Thomas Youngs ideer om en æter, der bærer lyset igennem solsystemet. Einstein viste senere i sin relativitetsteori endegyldigt (se s. 228-230), at der ikke er brug for et sådant koncept.

lyst af elektrisk lys og præget af elektromotorer og andre elektriske og elektromagnetiske fænomener. I slutningen af århundredet samvirkede elektromagnetismen og energiteoriene helt konkret i frembringelsen af den moderne bil, der jo er en kemisk baseret varmemaskine – forbrændingsmotor – der muliggøres via en avanceret brug af elektromagnetiske fænomener i tændingssystemet. For at frembringe brændstof måtte man yderligere benytte en avanceret kemisk teknologi, baseret på de store fremskridt i forståelsen af de organiske stoffers kemi.

Kommunikationsteknologierne ændredes også radikalt. Elektromagnetismen muliggjorde telefonen, og med frembringelsen af elektromagnetiske svingninger – som lykkedes for Heinrich Hertz (1857-94) i 1888 – tegnede der sig helt nye muligheder, der senere førte til radio og tv. Det er derfor, de stadigvæk en gang imellem omtales som de æterbårne medier.

Alting i udvikling

Energi og elektromagnetiske svingninger er basale fysiske fænomener. Ved udgangen af 1800-tallet indvirkede disse fænomener markant på rigtig mange menneskers dagligdag. Folk rejste med dampdrevne tog, og de kunne tale i telefon og snart høre radio. Forståelsen af den levende verden undergik også helt afgørende ændringer. Her var det ændringer i vores helt grundlæggende forståelsesramme, som var i spil. En religiøs opfattelse af mennesket og dyrene som skabte af Gud blev erstattet af en forståelse, hvor der kun var naturfænomener underkastet naturlige lovmæssigheder. Et ældgamelt skema af naturen som indrettet i naturlige og uforanderlige kasser, arter, blev også ændret. Snart drejede alting sig snarere om udvikling.

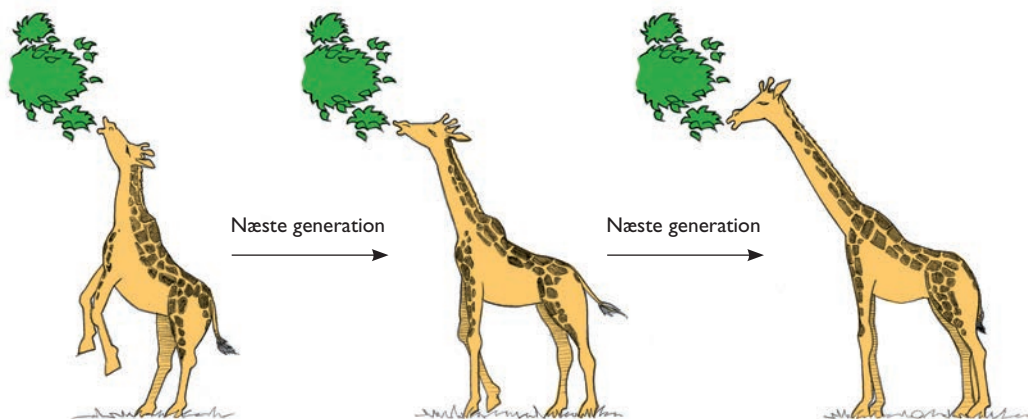
I 1831 rejste den 22-årige britiske naturforsker Charles Robert Darwin (1809-82) til Sydamerika ombord på skibet “Beagle”. Da han fem år senere vendte tilbage, havde han et meget stort materiale med sig, som han brugte årtier på at bearbejde og analysere. Rejsen med Beagle skulle blive afgørende for Darwins teori om arternes udvikling gennem naturlig selektion og for vores nuværende forståelse af Jordens evolution og biologi.

I 1830'erne var ideen om udvikling udbredt. Mange filosoffer og naturforskere var overbeviste om, at livsforholdene havde ændret sig voldsomt på Jorden i løbet af de årtusinder eller millioner af år, den havde eksisteret. Der var mange forestillinger om Jordens alder. Den britiske geolog Charles

Lyell (1797-1875) havde publiceret værket *Principles of Geology* (1830-33), hvori han videreudviklede skotten James Huttons (1726-97) teorier. Ifølge disse havde Jorden udviklet sig uniformt og ved en lang række meget små ændringer. De kræfter, der frembragte disse geologiske ændringer, var de samme nu, som de havde været tidligere. Lyell argumenterede med megen evidens imod datidens ideer om, at der kunne ske meget pludselige forandringer, og at der i Jordens tidlige historie havde været fundamentalt andre kræfter på spil. Lyells teori var i strid med Bibelen, dvs. med den opfattelse, at Jorden var "færdiglavet" og i sin historie havde været den samme hele tiden, dvs. fra Syndfloden og til i dag. Geologisk udvikling var således allerede på tapetet, og Lyell havde et væld af materiale, der dokumenterede hans teori, selvom han selv foretrak en, der i den første halvdel af 1800-tallet var meget kontroversiel. Darwins arbejde med arternes oprindelse 30 år senere udvidede Lyells såkaldt uniformitaristiske teori om Jordens geologi til det biologiske område. Arternes udvikling skulle baseres på princippet om variation ved små biologiske ændringer over en lang tidsperiode.

Inden for studiet af de levende organismer havde den franske zoolog Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) allerede i 1809 formuleret en udviklingsteori. Det karakteristiske for de fleste udviklingsteorier fra det tidlige 1800-tal er, at de opfatter udvikling som en udfoldelse af træk og potentialer, der allerede ligger skjult i det, som udvikler sig. Det er ofte den opfattelse, der ligger bag, når man taler om, at et barn, en person eller en kunstner udvikler sig – der ligger latente kim, som udfolder sig over tid og dermed skaber udviklingen. Det er meningsfuld tale i forbindelse med personer og muligvis også samfund eller kunstarter. Men når man taler om planter og dyr, så er det karakteristiske jo, at der er tale om individer – den enkelte plante, det enkelte dyr – og at de i vores begrebssystem er organiserede i arter med bestemte karakteristiske egenskaber, som netop definerer den bestemte art. Det enkelte individ kan udvikle sig: f.eks. planten, der starter som frø og ender som blomst, eller frøen, der starter som et æg og ender netop som en frø. Og det gælder selvfølgelig babyen, der ender som et fuldvoksnet menneske. Men kan man tale om, at den enkelte art udvikler sig? Den kan muligvis ændre sig noget, men ikke på de helt væsentlige punkter, for så er det ikke længere den samme art. Lamarck var af den opfattelse, at ikke kun individer, men også arterne udviklede sig.

Men hvis det enkelte individ udfolder sig qua de kim til udvikling, som



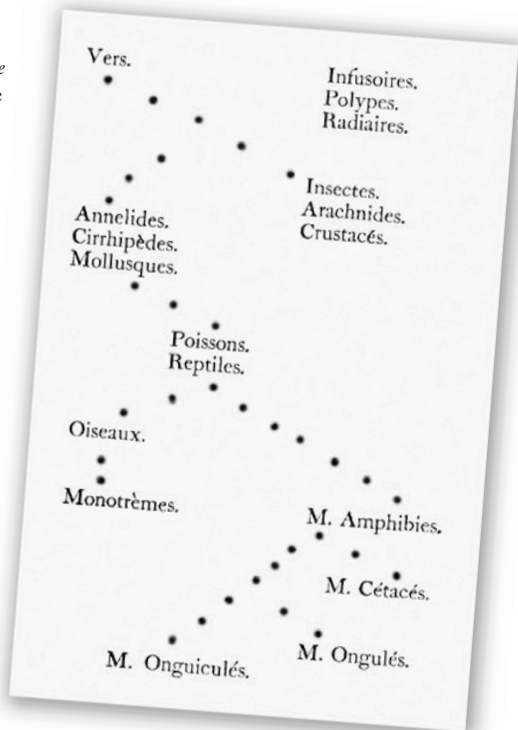
Det klassiske eksempel til at forklare Lamarckismen er giraffens lange hals. Lamarck forestillede sig, at en giraf, der ustandseligt strækker sin hals for at spise af et træ, har tendens til at blive mere langhalset, og også vil føde mere langhalsede girafunger, mens den giraf, som ikke strækker sin hals, vil få afkom med uændret hals. Lamarck formåede aldrig at finde en tilfredsstillende forklaring på denne teori om, at et individs erhvervede egenskaber kunne nedarves til dets afkom, selvom han forsøgte sig med tanker som "den naturlige tendens mod perfektion".

det har i sig, hvordan ændres der så på disse kim, så et nyt individ har andre kim i sig end forgængerne? Man må huske, at på Lamarcks tid kendte man ikke til hele formeringsprocessen, celledeling, kønsceller, kromosomer og alt det andet, der i dag er elementær biologi. Det er først omkring år 1900, at der begynder at komme nogen

klarhed over disse ting. Lamarck kunne ikke engang anse det enkelte individ som en ansamling celler, da celleteorien endnu ikke var formuleret – det skete først omkring 1840. Ikke desto mindre leder Lamarcks detaljerede studier af især hvirvelløse dyr og fossiler ham til at mene, at der er sket en udvikling fra noget mere primitivt og laverestående til noget mere komplekst og højerestående. Efter Lamarcks opfattelse er den afgørende faktor i udviklingen den indflydelse, som miljøet har på det enkelte individ. Når miljøet ændrer sig, påvirker det individet. For at der kan være tale om en arts udvikling, må disse ændringer kunne overføres fra et individ i én generation til individer i senere generationer. Ellers ville arterne jo ikke kunne forandre sig, så ville alle startkim i individerne i en art netop være identiske. Lamarck formulerede derfor den hypotese, at der måtte være en mekanisme, der muliggjorde, at et individs erhvervede egenskaber kunne nedarves til dets afkom. Hvordan det præcist foregik, kunne han ikke sige.

Tidens førende biolog, franskmænden Georges Cuvier (1769-1832), så med stor skepsis på Lamarcks ideer, selvom han ikke anså dem for så væ-

I slutningen af anden udgave af *Philosophie Zoologique* (1809) præsenterer Lamarck sit syn på oprindelsen af de forskellige dyregrupper. Startende med bl.a. polypper foroven repræsenteres evolutionen nedad med forgreninger til insekter, mollusker, fisk, reptiler, fugle, amfibier m.v. Det er det første evolutionære træ, der nogen sinde er blevet offentliggjort · www.lamarck.cnrs.fr.



sentlige, at han ville bruge tid på at tilbagevise dem. Han måtte dog erkende, at der var overvældende evidens for, at der var sket store ændringer i Jordens historie. Han mente, at disse skyldtes store og pludselige ændringer f.eks. i klimaet, såkaldte

katastrofer, der både medførte arters uddøen og opståen. Hvordan sådanne nye arter opstod, lod han stå hen i det uvisse, hvorved han faktisk undlod at tage stilling til det helt afgørende problem i sagen. Cuviers katastrofeteori havde fundet et alternativ hos Lyell, der netop afviste forestillingen om pludselige ændringer til fordel for en uniform udvikling.

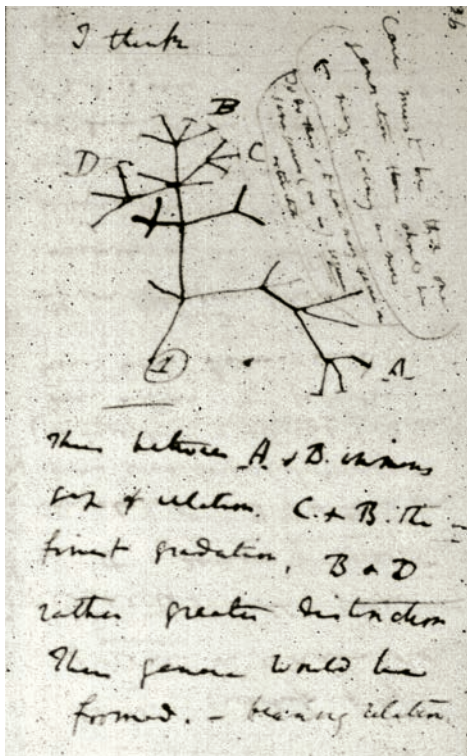
Da Darwin således i 1830'erne begyndte at arbejde med problemet, var nogle forudsætninger rimeligt klare. Man måtte for det første antage, at der var foregået en udvikling. Problemet var, hvordan den kunne foregå, når man ikke kunne redegøre for nye arters opståen. For det andet måtte man antage, at udviklingens mekanismer baserede sig på sammenhænge og lov-mæssigheder, der var de samme til alle tider. De skulle også helst være konti-nuerligt virkende, og det gik således ikke at hævde, at Gud af og til greb ind og udslettede nogle arter og skabte nogle nye. Ydermere var det afgørende, at man ikke kunne betragte den enkelte art, eller det levende som sådan, som en helhed, som en slags individ, der så kunne udvikle sig ved at udfolde nogle potentialer, der lå som kim i arten. Hvis der var nye arter, så gik det jo heller ikke, for hvordan kunne kimene i en gammel art medføre udvikling af en ny art, og ikke bare forandring af den gamle? Endelig var der god evidens

for, som Lamarck allerede havde set, at samspillet mellem det enkelte individ og dets omgivelser, miljøet, spillede en rolle.

I 1850'erne blev Darwin mere og mere klar over, hvordan man samlet kunne redegøre for både den biologiske diversitet, der er så karakteristisk for livet på Jorden, og for at der skete en udvikling hen imod en sådan diversitet. Samtidig var Darwin af den opfattelse, at en sådan teori ikke måtte være af teleologisk art, dvs. den måtte ikke antage, at endemålet så at sige trak i udviklingen, at det kim, der lå til udviklingen, var en lille model af endemålet. Det vil sige, at Darwin indså, at udvikling af arter er noget ganske andet end udvikling for det enkelte individ.

Personer, kunstarter, samfund, institutioner osv. udvikler sig i form af forandring – arter udvikler sig også ved, at de forandres, men der opstår også nye, og det er igennem disse nye arter – og uddøen af andre – at livet som sådan udvikler sig. Darwin så ikke kun diversitet i form af de mange tusinde arter af planter og dyr. Han bemærkede også, at der inden for den enkelte art var tale om en vis variation. Det havde forældre af f.eks. heste altid udnyttet

i avl. Der valgte man hopper og hingste med bestemte egenskaber ud og lod dem formere sig. Afkommet havde så ofte de ønskede egenskaber, og ved fornyet formering kunne man præge hesten, dvs. fremavle heste med bestemte ønskværdige egenskaber. Darwin antog nu, at der i naturen skete en selektion af naturlig vej, der efterlignede avlerens selektion af udvalgte hopper og hingste. Han mente, at hvis der fandtes en vis variation inden for den enkelte art, så måtte nogle individer nødven-



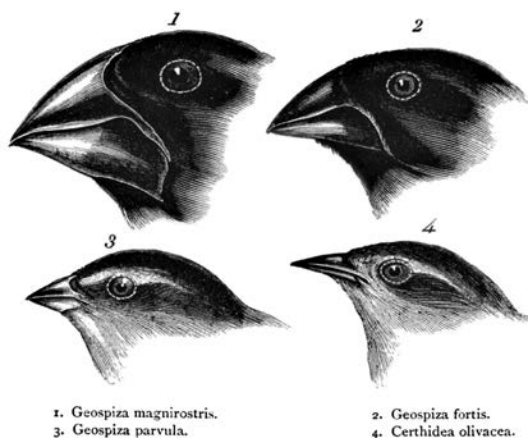
Dette er en tegning, som Darwin lavede i sin notesbog i 1837. Han spekulerer over et evolutionært stamtræs eventuelle form. Det skulle bl.a. kunne beskrive afstamningsforhold mellem grupper af organismer. Tegningen forudgriber en række koncepter, som senere blev centrale i hans teorier, bl.a. ideen om at alt levende har en fælles afstamning og ideen om, at variation er årsag til arternes diversificering. Cambridge University Library.

digvis have større chancer for at overleve og formere sig end andre. De, der overlevede, ville i højere grad give deres egenskaber videre til deres afkom. Der var tale om egenskaber, som ikke var erhvervede i løbet af individets liv, men netop var “medfødte” hos individet. Hvis andre individer med andre egenskaber netop ikke formerede sig, f.eks. fordi miljøet forhindrede dem i det, ville en arts egenskaber langsomt og gradvist forskydes i retning af nogle egenskaber og væk fra andre. Det ville ske ved naturlig selektion, som Darwin kaldte det, i modsætning til menneskets selektion, som den foregik i forbindelse med avlsdyr. Samspillet mellem det enkelte individ og miljøet måtte altså spille en rolle, fordi det favoriserede visse individer på bekostning af andre. De favoriserede formerede sig, og dermed blev artens samlede egenskaber påvirket. Det hele forudsatte en tilfældig variation af bestemte egenskaber inden for den enkelte art. Hvis der vitterligt var en sådan variation, så mente Darwin, at der var simple kausale principper, der kunne forklare, at udviklingen så ud til at bevæge sig i en bestemt retning.

Ud fra denne forståelse er der hverken små kim, der indeholder en model for et endemål, eller noget endemål, der præger udviklingen. Udviklingen er for så vidt blind og skyldes alene samspillet mellem variationerne inden for den enkelte art og de leveomstændigheder, hvorunder artens individer lever.

Det var blandt andet ved læsning af englænderen Thomas Malthus' (1766-1834) *Essay om principper for populationer* (1798) – hvori Malthus viste, at populationer ville gro uhæmmet, hvis ikke de var begrænset i deres adgang til naturens ressourcer – at Darwin fik ideen til den naturlige selektion. Darwin havde ikke nogen forestilling om, hvordan variable egenskaber, som f.eks. et individs højde, nedarvedes til afkommet. Han antog alene, at der rent faktisk fandtes en sådan arvemekanisme. Han havde heller ikke nogen forestilling om, hvordan man kunne redegøre for variation inden for den enkelte art, han kunne kun konstatere, at den faktisk forekom. Han måtte altså antage ganske mange ting, som først senere blev klarlagt: gener, kromosomer, mutationer m.v. Men det afgørende er, at Darwin fremlagde en teori om udvikling af arter, der er en rent kausal teori, og som bygger på samspillet mellem materielle lovmæssigheder og tilfældig variation.

I 1856 var det klart for Darwin, at den unge naturalist Alfred Russell Wallace (1823-1913) arbejdede med de samme ideer. Darwins og Wallaces teorier blev fremlagt for det videnskabelige samfund, og i 1859 publicerede



1. *Geospiza magnirostris*.
3. *Geospiza parvula*.

2. *Geospiza fortis*.
4. *Certhidea olivacea*.

Det er ofte blevet sagt, at Darwins finker, som han samlede under sin rejse til Galápagosøerne, var inspirationen til ideerne i *Arternes Oprindelse*. Men Darwin troede til at starte med, at det både var solsorte og finker. Først efter at den engelske ornitolog John Gould (1808-81) havde klassificeret Darwins 14 fugle som "en hel ny gruppe af 12 forskellige underarter" af finker, fik Darwin en mistanke om, at hver af dem havde tilpasset sig de forskellige livsbetingelser, der herskede på de forskellige øer, de var blevet taget fra.

teori en helt ny model for, hvordan tingene i verden hang sammen. Der var ifølge Darwin ikke nogen plan for udviklingen og heller ikke noget hierarki med Gud eller det meningsgivende princip øverst. Verden og livet var i konstant forandring og variation, og den orden, der fandtes i verden, var alene et resultat af blinde kræfters virken og ikke noget design med hensigt eller formål. Det er Darwins radikale teori.

De fleste andre udviklingsteoretikere, f.eks. Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) og Karl Marx (1818-83), havde set strukturer, hensigter, mål, mening. Men kun Darwin så et komplekst samspil mellem naturlove og tilfældig variation. Set i bakspejlet er det muligt at se en struktur eller et mønster, men i et samtidigt eller fremadrettet perspektiv er der ingen plan for udviklingen. Så udviklingsteorien er en teori, der radikalt ændrer udviklingsbegrebet til at være et begreb, som beskriver forandningsprocesser, der ganske vist kan ligne processer med formål og mening, men som i virkeligheden er blinde. Et mekanisk system udvikler sig ikke, det forandrer sig muligvis, gennemløber forskellige tilstande, mens et biologisk system udvikler sig, hvis der er tale om en tilfældig variation af egenskaber, der har betydning for systemets reproduktion, dvs. for den måde, hvorpå nye generationer overlever i forhold til tidligere generationer.

Darwin så sit hovedværk *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, der senere blev oversat til dansk af J.P. Jacobsen (1869-1918) under titlen *Arternes Oprindelse*, idet værket var udkommet i hæfter med den siddende titel *Naturlivets Grundlove*. Bogen vakte en del opsigt og blev i de følgende år uhyre omdiskuteret, især da Darwin begyndte at anvende teorierne på menneskets udvikling. Ud over at Darwin krænkede Bibelen ved at hævde, at mennesket nedstammede fra abelignende væsener, så leverede hans

Efter Darwin var det ikke længere nødvendigvis sådan, at man ved at gå en tur i skoven kun kunne forundres over den umådelige variation, snilde og tilpasning, som livet udviser, og se det som et udslag af Guds visdom – nu kunne man også se det som udslag af en lang udviklingshistorie, hvor blinde kausale mekanismer i samspil med tilfældig variation har været i spil. Ikke engang mennesket gik ram forbi. Det kunne også ses som et resultat af sådanne kræfter, og ikke som resultat af en skabelse i Guds billede. Måske var selv fornuften, der jo var videnskabens forudsætning, et resultat af blot og bar naturlig selektion. Vi vil senere vende tilbage til det at anlægge en udviklingsbetragtning på naturen, hvor den ikke først og fremmest ses som et mekanisk system, men netop som et system i udvikling.

Lægen og sæben

Darwin ændrede med udviklingsteorien hele forståelsen af, hvad den levende natur er, og hvad liv er. I lægevidenskaben skete der samtidig helt afgørende ændringer af opfattelsen af sundhed og sygdom. Op til omkring midten af 1800-tallet havde man stået stort set magtesløse over for de fleste sygdomme. Man havde kunnet udføre visse kirurgiske operationer, men da man hverken havde bedøvelse eller forstod de mest grundlæggende ting om hygiejne og sterilisation, var det meget ubehageligt og risikofyldt.

Men efter midten af 1800-tallet udviklede der sig en naturvidenskabeligt baseret sundhedstjeneste – lægevidenskaben – der kunne fremvise resultater, specielt i form af specifikke behandlinger til be-



Allerede i 1700-tallet skrev Voltaire, at “Lægekunsten består i at underholde patienten, mens naturen kurerer sygdommen”. Det var alligevel ikke småting, de syge blev udsat for: åreladninger, brækmidler, lavementer og tjærebade var almindelige lægemidler op til midten af 1800-tallet. De lidt mere kostbare medikamenter var knoglemel fra narhvalen, egyptisk mumiepulver og geders galdesten. Mange steder brugte man også det oprindelige romerske universal-middel teriak som modgift til pestsyge: en lidet vellugtende tinktur bestående af opium, kød fra hugorme, krokodillelort, grisetænder, tarme fra tæger, slangegaldeblærer og fluemøg. Ydermere anså man skæl fra en hængt persons hoved som en vigtig ingrediens. På billedet ses patienten Harlekin modtage en klystersprøjte. Stik fra italiensk maskekomædie, udgivet i Amsterdam 1710.

stemte sygdomme, og som yderligere var i stand til at ændre kirurgien fra et håndværk til en videnskabeligt funderet teknologi. At befolkningernes sundhed i samme periode øgedes drastisk – hvilket den voldsomt stigende gennemsnitlige levealder vidner om – skyldes nok i det væsentlige en økonomisk udvikling, der muliggjorde langt bedre ernæring og leveforhold for store dele af befolkningen.

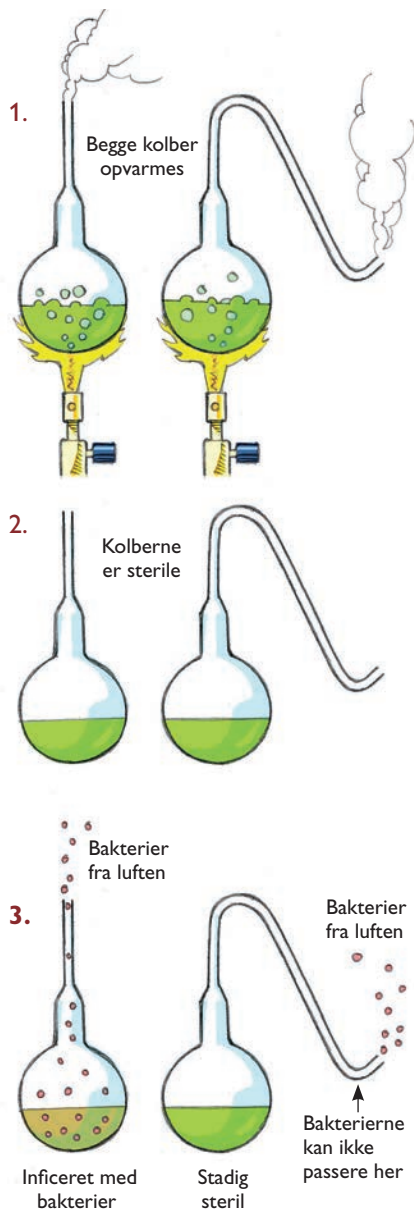
Menneskets anatomi og fysiologi var blevet studeret intenst i flere århundreder, og med den nye kemi var det muligt at forstå processerne i levende organismer, herunder i mennesket. Men man havde ingen gode teorier om, hvad sygdom egentlig var. Mange mente, at det var noget, der skulle forstås ud fra moralske eller religiøse begreber, som f.eks. Guds straf for synd. Andre hældede til klassiske teorier om manglende balance mellem forskellige elementer i kroppen, og andre igen mente, at eksterne faktorer af mere almen karakter spillede en afgørende rolle. Man forsøgte så f.eks. at genoprette balance eller at skaffe bedre forhold, hvor f.eks. dårlig luft ikke fandtes. Men der var tale om uspecifikke tiltag af helt almen karakter. Lægen kunne årelade, give brækmidler, lavement eller lignende og ellers blot betragte og registrere sygdomsforløbene. Man kunne beskrive disse ud fra symptomer og forløb og kunne derfor lave diagnostiske systemer. Det var muligt ud fra observation af en patient samt indsigt i vedkommendes tidligere levned at komme med forudsigelser om en sygdoms fremtidige forløb. Men det var sjældent, at man kunne gribe ind. I århundreder havde man i Europa haft epidemier af forskellige meget farlige sygdomme. Pesten, den sorte død, er velkendt, og fremkomsten af flere store byer betød en forværing af sundhedstilstanden, ligesom man stod stort set magtesløs over for epidemier. Byer og industrialisering skabte et meget dårligt stillet proletariat, der ofte var henvist til offentlige sygehuse.

Det var således meget almindeligt, at dårligt stillede kvinder fødte på offentlige fødselsanstalter, hvor de var henvist til lægernes evner. På disse anstalter var dødeligheden ved fødsler kolossal – og det var den langt op i århundredet. Den erfaringsbaserede fødselshjælp, som jordemødre gav, resulterede ikke i tilsvarende dødelighed, men jordemødre var ikke til rådighed for de laveste klasser.

Et enormt arbejde med at fastlægge sygdomsårsager ved hjælp af obduktion havde omkring 1850 ført til en bedre forståelse af mange sygdomme. Samtidig havde man fået en række videnskabelige teorier, der kunne bruges

til at analysere processer af både normal og patologisk art. Det blev mere og mere klart, at sygdomsprocesser for så vidt er “normale” biologiske processer – de har blot uheldige resultater for organismen. På basis af en teori om, at alt liv var baseret på processer i og mellem “celler”, der udgjorde organismens byggesten, formulerede tyskeren Rudolf Virchow (1821-1902) netop i midten af århundredet en teori om sygdomme som naturligt liv under unaturlige omstændigheder. Teorien pegede i retning af nye handlemuligheder.

Det var franskmænden Louis Pasteur (1822-95), der viste vejen. Han var egentlig imod en forståelse af det levende som blot og bart avanceret fysik og kemi. Han argumenterede for, at liv kun kunne opstå af liv. Celle teorien om organismer kunne understøtte dette – hvad Virchow i øvrigt også så. Enhver celle fremkom fra andre celler, og ingen levende celle opstod af sig selv. Pasteur havde arbejdet med mange praktiske biologiske processer – det, vi i dag ville kalde bioteknologi. Han mente, at forrådnelse, gæring og sygdom i virkeligheden alle var processer af samme slags, og at de alle var egentlige biologiske processer, dvs. at de på en essentiel måde involverede levende organismer. Mange havde forsøgt at forstå sygdomme som en art forgiftninger, som en situation, hvor en organisme blev påført et smitstof, som den så reagerede på efter helt bestemte lovmæssigheder. Det gav også god mening med nogle former for forgiftninger. Men det gav ikke mening over for mange



To kolber med samme organiske væske bliver varmet op, indtil væsken og kolben er steril. Den ene kolbe har en normal hals, hvor både mikroorganismer og luft kan passere, den anden har en S-formet hals, hvor kun luft kan passere. Louis Pasteur så, at kolben til venstre med tiden igen fyldtes med organisk liv (bakterier), og at den højre kolbe forblev steril. Med dette eksperiment kunne Pasteur påvise, at liv kun kan opstå steder, hvor der i forvejen er liv.

sygdomme, som man i øvrigt kunne se måtte have relation til et fænomen, som kunne overføres fra person til person, eller eventuelt fra dyr til menneske. Pasteur var af den opfattelse, at mange biologiske processer, inklusive også sygdomme, skyldtes for det blotte øje usynlige organismer, som inficerede stoffer og organismer. Her formerede de sig og frembragte de observerede fænomener. Gæring af f.eks. øl, vin og eddike var et eksempel på observerbare organismer, der kunne frembringe nye stoffer. Når brød mugnede, eller når fødevarer fordærvedes, skete noget tilsvarende. Små organismer i luften forårsagede disse fænomener. Hvis man f.eks. sikrede, at sådanne mikroorganismer ikke kunne komme til en suppe, så skete der heller ingen forrådnelse i denne. Den forblev, som vi vil sige, steril. På samme måde mente Pasteur, at det forholdt sig med sygdomme. Bestemte mikroorganismer invaderede en anden organisme og formerede sig i denne, og det forårsagede sygdomme.

Pasteur formulerede den opfattelse, at der til hver sygdom fandtes en specifik årsag, typisk en mikroorganisme, og at det ville være muligt at helbrede eller forebygge sygdommen, hvis man dels kendte dens årsag og dels kunne eliminere denne eller dens virkninger. Han havde allerede arbejdet med gæringer og vist, at de forskellige gæringstyper skyldtes forskellige former for gær. Han havde også indset, at gær kan leve både med og uden tilførsel af ilt – aerobisk og anaerobisk. Kun uden tilførsel af ilt nedbryder gæring sukker til alkohol. Så snart man vidste dette, kunne man kontrollere f.eks. ølbrygning, idet det jo så drejede sig om at sikre, at der ikke tilførtes ilt. Hans videre studier af sygdomsprocesser førte til yderligere praktiske resultater, hvoraf det mest kendte er hans første vaccination imod hundegalskab fra 1885.

Pasteur og den tyske forsker Robert Koch (1843-1910) kunne påvise mikroorganismer som årsag til mange af de mest frygtede sygdomme, f.eks. tuberkulose, og i nogle tilfælde også foreslå og udvikle behandling ud fra en teori om, at en organisme, der udsættes for en mikroorganisme, udvikler et forsvar imod den. Pasteur havde ved studier af en sygdom hos høns set, at man på forskellig vis kunne dæmpe smitstoffets sygdomsfremkaldende evner radikalt, og at hønsene undertiden udviklede et forsvar imod sygdommen. Ved at udvinde det virksomme stof og overføre det til mennesker kunne disse enten gøres modstandsdygtige eller direkte helbredes. Ligeledes kunne fødevarer gøres smittefri ved "pasteurisering", dvs. opvarmning, så-



ledes at mikroorganismer eller kimene til dem blev dræbt.

Inden for en lang række områder lykkedes det Pasteur ved sin grundlæggende teori at løse væsentlige praktiske problemer. Det blev også klart, at mange betændelser og sygdomstilstande knyttet til f.eks. fødsler eller operationer – der nu i øvrigt kunne udføres under bedøvelse, og derfor kunne være mere omfattende og indgribende – skyldtes mikroorganismer. Kunne man forhindre disses tilstedeværelse, kunne man også forhindre problemerne. Efter omkring 1870 indførtes antiseptik og sterilisationsprocedurer, og fra slutningen af 1800-tallet indførtes praksisser, der langt hen ad vejen svarer til det, vi kender i dag, f.eks. kirurgiske handsker og højt prioriteret hygiejne.

De nye ideer om sygdomme blev utroligt udbredte og indflydelsesrige i de følgende årtier. Den ene sygdom efter den anden blev studeret, man fandt den ansvarlige mikroorganisme, og efterhånden fandt man også lægemidler

Den første vaccine i menneskehedens historie blev udviklet af Edward Jenner (1749-1823). Han observerede, at malkepiger aldrig fik kopper, når de først havde fået kokopper, en sygdom som lignede, men var langt mindre virulent end rigtige kopper. Jenner injicerede derfor forsøgsvis kokopper i mennesker, bl.a. sin egen søn, og udsatte dem bagefter for kopper-vira. Det viste sig, at de var blevet immune. I denne karikatur af James Gillray (1757-1815) fra 1802 gengives den folkelige angst for vaccinationen med kokopper. Pasteur valgte senere at give denne behandlingsform ordet "vaccination", der kommer fra det latinske *vacca*, som betyder ko, til ære for Jenners arbejde · The Wellcome Trust, London.



mod mange af lidelserne – dvs. stoffer, der slog de sygdomsforårsagende mikroorganismer ihjel. Tuberkulose, difteri, malaria, tyfus, kolera osv. viste sig alle at passe på modellen. Ofte var smitteveje og andre forhold yderst komplekse, men man fandt frem til dem. “Mikrobe-jægerne” var tidens videnskabelige Sherlock Holmes’er.

En række sygdomme lod sig dog ikke forstå, endsige behandle på denne måde. Omkring 1900 førte den øgede forståelse af de kemiske processer i organismerne frem til en opfattelse af, at sygdomme også kunne fremkaldes ved fraværet af bestemte nødvendige stoffer. Sult er kroneksemplet, men også sygdomme, der så ud som infektionssygdomme, kunne vise sig at være mangel-sygdomme. Ved tilførsel af små mængder af visse stoffer, eller ved indtagelse af ordentlig føde, kunne man pludselig opnå dramatiske resultater. Mennesker, der i årevis havde lidt voldsomt, blev helbredte ved i en vis forstand simple midler – ved f.eks. at spise upolerede ris eller ved at få tilført visse næringsstoffer, som syntes at mangle i deres kost, eller ved blot at bruge sæbe før og efter toiletbesøg.



Fra begyndelsen af århundredet havde der været et tæt samspil imellem kemi og medicin. Det lykkedes kemikerne at fremstille mange rene stoffer ud fra naturlægemidler,

f.eks. morfin ud fra opium, og at syntetisere nye. Aspirin blev således fremstillet allerede omkring 1850, men blev dog først anvendt mere udbredt til smertelindring fra omkring 1890. I det hele taget er det vigtigt at være opmærksom på, at de fænomener, vi i dag tager som selvfølgelige – hygiejne, sterile operationer, vaccination, brug af kemiske stoffer til desinfektion og som lægemidler – var længe om at vinde fodfæste. Man kan næsten sige, at de gamle metoder og opfattelser, der havde rod i f.eks. romantiske naturopfattelser, først forsvandt, da de mennesker, der gik ind for dem, døde. At der var en sammenhæng imellem kirurgens hænder og infektion i et operationsår var således evident for mange allerede omkring 1850, men alligevel vandt brugen af kirurgiske handsker først omkring 1895 almen udbredelse. Tusindvis af dårligt stillede kvinder døde i perioden mellem 1840'erne og

Operationer på hospitaler i hhv. 1500- og 1900-tallet. Træsnit fra Paracelsus' (1493-1541) *Opus chirurgicum* fra 1565 samt operationsrum fra University of California Hospital, 1924. UCSF Library and Center for Knowledge Management

1880'erne af infektioner i forbindelse med fødsler, på trods af at der var masser af evidens for, at læger, der ikke anvendte sterile metoder ved fødslen, eller bare god, solid hygiejne, var en afgørende faktor for udbruddet af disse infektioner.

Der var således god grund til at tro, at alle sygdomme enten skyldtes defekter i den måde, en organisme fungerede på rent fysisk eller kemisk, eller påvirkning fra en fremmed mikroorganisme. Sygdomme var naturlige reaktioner på unormale påvirkninger, og helbredelse eller forebyggelse bestod i at finde og eliminere denne unormale påvirkning. Man kunne dræbe mikroorganismen eller "reparere" den unormale funktion. Den nye viden gjorde, at man faktisk fik mange sygdomme under kontrol og fik udviklet, hvad mange opfattede som rene mirakel-mediciner, og teorierne fik utrolig høj status og indflydelse. Kun det, der kunne forstås inden for disse rammer, blev betragtet som egentlige sygdomme. Selv visse adfærdsformer, som man anså for unormale – sygelige – kunne forstås som resultatet af f.eks. en genetisk defekt.

Den generelle model for praktisk relevant videnskabeligt arbejde, som lægevidenskaben havde udviklet, blev utroligt generaliseret. For at løse et problem gjaldt det om at finde en årsagssammenhæng og dernæst om at søge midler til at kontrollere denne ved påvirkning af årsagen. Var dét muligt, var det også muligt at løse problemet. Ingeniørerne anvendte fysik og kemi til at muliggøre nye konstruktioner og produkter, lægerne anvendte naturvidenskaben til at kontrollere naturen, således at de uønskede, men naturligt fremkomne og forløbende processer kunne kontrolleres. De syge og deres sygdom var for lægerne organismer, der var udsat for lovmæssigt forløbende naturprocesser, som altid havde en årsag. Nogen gange påførte patienter sig selv sygdomme – ved f.eks. at drikke sig til en ødelagt lever – andre gange blev patienten ved et tilfælde påført den. Men der var altid tale om naturligt forløbende processer.

Det gav masser af resultater, men også problemer over for visse former for sygdomme, først og fremmest dem, der ikke umiddelbart kunne vises at være resultatet af naturprocesser – de blev kaldt sindssygdomme – og over for dem, der ikke syntes at have nogen specifikke årsager, men måske snarere var et resultat af et komplekst samspil mellem en lang række faktorer, der hver især kun havde en vis sandsynlighedsmæssig relation til sygdommen. Endvidere viste det sig også, at selv i de "rene" tilfælde, var situationen langt mere kompliceret. For det var bestemt ikke altid, at mennesker, der blev

inficeret med en given mikroorganisme, udviklede den til denne hørende sygdom. Ved et berømt forsøg påførte flere forskere sig selv en bestemt sygdomsfremkaldende organisme, uden at de nødvendigvis udviklede sygdommen. Der var altså flere faktorer i spil end blot fraværet eller tilstedeværelsen af bestemte mikroorganismer.

I en lang periode fra omkring 1880 og frem var lægerne og lægevidenskaben det helt dominerende eksempel på, hvad videnskab formåede, ikke blot af erkendelse, men også af praktisk problemløsning. Lægerne opfattedes som helte, fordi de via forskning og teoretisk erkendelse kunne løse alvorlige problemer, som havde plaget menneskeheden i århundreder. Ingeniørerne skabte det tekniske fremskridt, og lægerne fjernede en lang række af menneskehedens plager. På den måde gik videnskab, teknologi og fremskridt hånd i hånd. Lægen og ingeniøren var de to bedste eksempler på det, der ofte omkring år 1900 blev kaldt menneskeåndens sejre.

Introspektion

I løbet af 1800-tallets sidste årtier ændres opfattelsen af mennesket radikalt. Der opstod en videnskab, som mente sig i stand til rent eksperimentelt at sige noget om mennesket, ikke blot som krop, men som tænkende, sansende og handlende væsen, dvs. som bevidst væsen. Det var psykologien. Der opstod også en udbredt accept af, at mennesker ikke kun kunne være syge i kropslig forstand, men også “mentalt” eller i sindet, og at der fandtes en særlig form for behandling, nemlig psykoterapi, som rettede sig mod netop sådanne lidelser.

Vejen til psykologien som anerkendt videnskab og anvendelig praksis var imidlertid lang og kringlet. Omkring 1800 var elektriske og magnetiske fænomener højeste mode. På den tid opstod også en behandlingsform for sygdomme baseret på teorier om magnetisme. Behandleren Anton Mesmer (1734-1815) tilbød at kurere en stor mængde lidelser ved hjælp af, hvad han anså for magnetisme. Der var stor tilstrømning, og angiveligt også mange helbredte. Det var uklart, hvad Mesmer egentlig gjorde, men i adskillige tilfælde forlyder det, at han kunne kurere en større mængde mennesker, der alle via jernstænger var i forbindelse med ham og en i ham dvælende magnetisk kilde. Mesmer var dybt kontroversiel, forfulgt og døde i armod. I dag siger man, at han som en af de første arbejdede med hypnose. Han troede,



Anton Mesmer behandler en kvindelig patient med sine såkaldte magnetiske kræfter. Maskinen, der fungerer som medium, kaldte han et "baquet".

at det var en form for dyrisk magnetisme, at han havde særlige kræfter og kunne påvirke andre mennesker magnetisk. Vi ville sige, at han var i stand til at hypnotisere større grupper på én gang og dermed overbevise dem om, at de ikke længere var syge.

I århundreder havde man samlet alle former for menneskelige afvigere og mennesker med forskellige lidelser i opbevaringsanstalter, ofte kaldet "dårekister". Forbrydere, sindssyge, åndssvage, fysisk syge med neurologiske lidelser, alt sammen blev det mere eller mindre opfattet som afvigelse og kategoriseret under et. På et tidspunkt i slutningen af 1700-tallet begyndte man at antage eksistensen af sindssygdomme og udskille sindslidende som en særlig kategori. Franskmanden Philippe Pinel (1745-1826) forsøgte sig med både teori og en vis form for human behandling. Men som hovedregel blev sindssyge udsat for voldsomme fysiske behandlinger og restriktioner.

Op igennem 1800-tallet forholdt man sig meget forskelligt til de sindssyge. Nogle mente, at de alle var fysisk syge, og at sygdommen var lokaliseret til hjerne og nervesystem – de led af dårlige nerver. Andre mente, at der fandtes en særlig gruppe sygdomme, som ikke var fysiske, men mentale, dvs. egentlige sindssygdomme. Behandlingen af disse skulle derfor også være af en anden art end den fysiske, man normalt "tilbød": åreladning, brækning, fastspænding eller andre former for hårdhændet fysisk påvirkning. Man havde dog ingen klare forestillinger om hvad slags aktivitet, en psykisk behandling skulle bestå i. I midten af århundredet var man kommet så langt, at man helt afviste, at hvad man nu kaldte "hypnose" havde noget med magnetisme at gøre. Englænderen James Braid (1795-1860), der introducerede ordet hypnose, mente, at man havde at gøre med en særlig



fysiologisk funktion, og at man kunne udnytte hypnose til behandling af mange former for sygdomme og lidelser. Omkring midten af århundredet skete der også en vis afklaring af situationen omkring sindssygdomme, idet der klart udskilte sig to skoler: en somatisk, der mente, at der slet ikke fandtes egentlige sindssygdomme, og en psykisk, der mente, at der netop fandtes mulighed for, at særlige psykiske processer kunne være forstyrrede eller anormale og dermed give sig udslag i sindssygdomme. Skotten William Cullen (1710-90) havde allerede i slutningen af 1700-tallet med “neuroser” forstået en række lidelser, der blev forårsaget af, at de normale mentale processer foregik for hurtigt.

Fra midten af 1800-tallet forsøgte man også at få overblik over feltet, at beskrive og systematisere de mange menneskelige adfærdsformer og forstyrrelser, uden absolut at skulle gøre sig specifikke forestillinger om, hvad der var årsag til dem. Tyskerne Wilhelm Griesinger (1817-68) og senere Emil Kraepelin (1856-1926) skabte grundlaget for de begreber, vi i dag anvender inden for psykiatrien. Det betød selvfølgelig ikke, at der ikke var mange læger, der – helt i overensstemmelse med en udbredt videnskabelig materialisme – mente, at det i sidste instans alt sammen skyldtes fejl i hjernen. To

Den spanske maler Francisco de Goya (1746-1828) lavede en hel række skildringer af datidens behandling af sindslidende. Bl.a. gengav han scener fra Zaragozas “dårekister”. Her ses hans *Galebuset*, 1812-14 · Museo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid.

fænomener kom her på tværs. Det ene var hypnosens, som viste, at mennesker var i stand til at fungere bevidst på flere måder. Det betød, at menneskets mentale opbygning var væsentlig mere kompleks, end man umiddelbart skulle tro. Der lå flere ting bag, end hvad der viste sig for den enkelte i dennes indre liv. Det andet fænomen var de såkaldte "funktionelle neuroser", dvs. psykiske afvigelser eller sygdomme, hvor der ikke på nogen måde kunne påvises noget somatisk grundlag, dvs. nogen defekter eller fejlfunktioner i nervesystemet eller hjernen. Den kendteste af disse var hysterien, der viste sig i dramatiske konvulsive anfald, som mindede om epileptiske anfald, først og fremmest hos kvinder.

Ligesom hypnotiske fænomener har været kendt i utallige tider og i mange kulturer, så findes hysteriske fænomener også rapporteret ret tidligt i medicinens historie. Den romerske læge Galen (ca. 129-199) beskriver således et tilfælde, som han mener skyldes kærlighedskomplikationer. Hysterien viste sig altså som somatiske lidelser, hvor man på baggrund af undersø-



gelse og sygehistorie mente at kunne udelukke en faktisk fysisk sygdom. Symptomerne kunne f.eks. være lammelser eller følelsesløshed i en arm eller et ben, eller blind- og døvhed. Det viste sig nu, at man i visse tilfælde kunne hypnotisere den hysteriske person, hvorefter symptomerne forsvandt. Der var altså en forbindelse mellem hysteri og hypnose. Men det var helt uklart hvilken forbindelse. I årtierne fra 1860 til 1890 var hysteri genstand for enorm forskningsmæssig interesse.

Franskmændene Paul Briquet (1796-1881) og Jean Martin Charcot (1825-93) studerede nøje fænomenet, Briquet bl.a. på basis af nøje observation af 430 kvindelige patienter. Charcot, der var datidens førende forsker i nervesystemets sygdomme, arbejdede med mennesker, der havde været ude for særlige psykiske chok. Han mente, at sammenhængen mellem hypnose og hysteri var den, at visse mennesker havde et sådant nervesystem, at de nemt lod sig påvirke – de var særligt følsomme. De kunne få neurotiske symptomer af fysisk art, fordi de nemt lod sig påvirke og traumatisere. Af samme grund kunne de også helbredes gennem hypnose, hvor de blev udsat for påvirkning fra et andet menneske.

Disse mange empiriske studier viste også, at det seksuelle på en eller anden måde spillede en rolle. Op til midten af 1800-tallet havde man nærmest taget det som en selvfølge, at der var en sammenhæng mellem seksualiteten og visse former for sindssygdom. Briquet benægtede imidlertid sammenhængen, og det gjorde Charcot delvist også. Der var imidlertid ganske mange læger og forskere, der mente, at seksuelle praktikker som masturbation og afbrudt samleje førte til psykiske forstyrrelser, og selv Briquet bemærkede, at han i sit store materiale ikke fandt hysteriske lidelser hos nonner, men at der var mange prostituerede blandt hans patienter. Seksuallivet var i denne periode genstand for stor interesse, især når det gjaldt, hvad man opfattede som sygelige afvigelser fra det såkaldt normale.

Det var dog ikke alle, der var enige med Briquet og Charcot i deres opfattelse af hypnose og hysteri, der jo gjorde modtagelighed for hypnose til noget nær en psykisk lidelse i sig selv. To andre franskmænd, Ambroise-Auguste Liébeault (1823-1904) og Hippolyte Bernheim (1837-1919) mente, at hypnose baserede sig på normale psykologiske fænomener, først og frem-

mest suggestion. De mente, at der skete særlige processer af psykisk art mellem hypnotisøren og den hypnoti-

◀ Jean Martin Charcot demonstrerer et tilfælde af hysteri. Engraving efter maleri af André Brouillet (1857-1914) fra 1887 · Mary Evans Picture Library.

serede, og at man kunne benytte dette i behandlingen af visse sygdomme. De skabte dermed den første bevidste form for psykoterapi. Bevidst forstået på den måde, at man i mange kulturer har arbejdet med behandlinger og fremgangsmåder, der meget vel vil kunne kaldes netop psykoterapeutiske. Hypnotisk behandling blev i lægelige kredse opfattet som fagligt helt uacceptabelt, bl.a. fordi det jo forudsatte, at man opfattede hypnotiserbarhed som en almen menneskelig egenskab.

Psykologien som eksperimentel videnskab blev grundlagt ud fra bevidste forsøg på at lære af naturvidenskaben, i hvert fald metodologisk. Psykoterapien blev grundlagt ud fra en opfattelse af mennesket, der havde basis i erfaring, og som derfor kunne anses for videnskabelig, men som samtidig eksplicit hævdede, at der ud over fysiske ændringer og påvirkninger af mennesket og dets organer – herunder hjernen og nervesystemet – også fandtes andre typer af systemer og påvirkninger, der kunne give sig udslag i unormale, sygelige tilstande og former for adfærd.

Teorier om det psykiske og om psykologiske processer har været en væsentlig del af filosofien siden antikken. Læger har også ofte som del af deres teorier arbejdet med spørgsmål, der havde psykologisk relevans. Den klassiske teori om temperamenterne og deres sammenhæng med legemsvæskerne er et godt eksempel (se s. 48). Således var f.eks. den “sangvinske” (af *sanguis*, blod) type temperamentsfuld pga. sit meget hede blod. Først omkring 1860’erne var der imidlertid filosoffer, der formulerede den tanke, at man kunne studere de psykologiske fænomener eksperimentelt, dvs. i deres egen ret. Dermed skulle udsagn om, hvordan de mentale fænomener egentlig foregik, ikke blot basere sig på, hvad hver enkelt vidste ud fra sig selv, men på objektive forsøg, der kunne gentages og kontrolleres. Tyskeren Gustav Fechner (1801-87) udgav i 1860 den første større fremstilling af, hvad han kaldte en psykofysik. Den var baseret på ideen om eksperimentelle studier i form af målinger og koncentrerede sig om sansning og perception. Han ønskede egentlig som forsker at give videnskabeligt bevis for sjælens eksistens og var også stærkt motiveret af en ide om, at æstetik kunne blive til en videnskab, hvis man kunne vinde yderligere erkendelse om, hvordan mennesket rent faktisk oplevede verden. Et væsentligt resultat af Fechners studier var fastlæggelsen af sammenhængen mellem påvirkningen af et sanseorgan og den oplevede effekt. Fechner viste, at den var logaritmisk – en erkendelse, der stadig bruges i forbindelse med skalaer for oplevede sansninger, f.eks. dB-skalaen for oplevet lyd.

Den tyske fysiolog og filosof Wilhelm Wundt (1832-1920) grundlagde omkring 1880 et psykologisk laboratorium i Leipzig. Han var blevet udnævnt til professor i filosofi, men havde en baggrund i naturvidenskab. Wundt havde forsket i forskellige former for fysiologi med hovedvægten på perception i tilknytning til den tyske forsker Hermann von Helmholtz (1821-94), der beskæftigede sig både med fysik og med fysiologi, især synets fysiologi, og som samtidig havde filosofiske interesser. I det hele taget var troen på, at filosofien som systematisk disciplin kunne levere egentlig viden, på hurtigt tilbagetog. Det var den empiriske og især den eksperimentelle videnskab, der gav løsninger og viden. Wundt mente, at al videnskab kunne opdeles i to typer, naturvidenskab og åndsvidenskab, hvor den første arbejdede med love og på basis af eksperimenter, mens den anden arbejdede med fortolkninger og på basis af en direkte erfaring og indleven, og brugte en historisk og sammenlignende metode. Psykologien var formidlende mellem de to former for videnskab, idet den både havde en naturvidenskabelig og en åndsvidenskabelig side. Wundt bidrog til begge, men det blev hans bidrag til den eksperimentelle videnskab, der fik størst gennemslagskraft. I en lang årrække var hans laboratorium i Leipzig centrum for etableringen af psykologi som videnskab.

Der gik dog ikke mange år, før der blev skabt en problematisk situation inden for psykologien. Flere mente, at Wundts eksperimentelle metoder, der var hentet fra fysikken, var ude af stand til at give en egentlig indsigt i psykologiske fænomener. Reaktionstids-målinger var interessante, men gav begrænset indsigt, og man indvendte, at det stadig måtte være den enkelte forskers direkte kendskab til sit eget bevidsthedsliv, såkaldt introspektion, der var udgangspunktet. Den amerikanske filosof og psykolog William James (1842-1910) var fortaler for systematisk arbejde med sådanne introspektioner. Andre mente imidlertid, at man dermed afskrev sig muligheden for videnskabelighed, idet man jo så ikke kunne gentage eller kontrollere eksperimenterne, da de i en vis forstand var private og kun kunne udføres én gang. En løsning kunne være at omdefinere psykologiens opgave fra at studere bevidsthedslivet til at studere lovmæssigheder i menneskers, eller for så vidt alle organismers, adfærd. Denne var jo objektivt observerbar. Opgaven var så at omdefinere indholdet i psykologiske begreber fra at referere til bevidsthed, oplevelser og følelser, til at referere til observerbar adfærd. Indlæring ville i sådan en tankegang ikke kunne måles i ændringer i indre mentale processer,

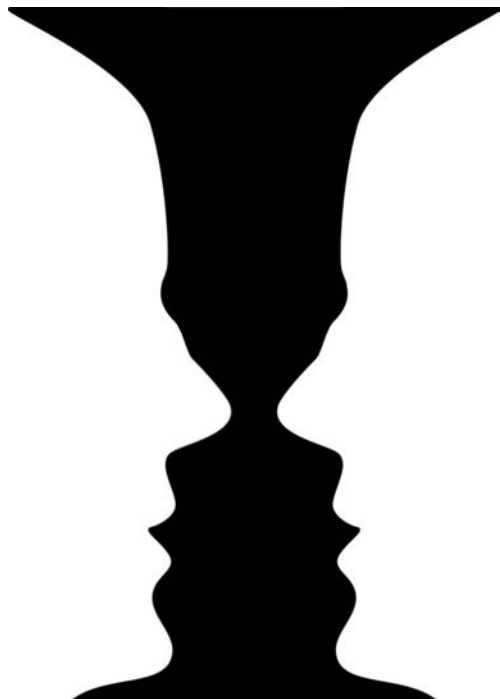
men i ændringer i observerbar adfærd, f.eks. den tid en organisme skulle bruge på at løse et bestemt problem såsom at finde vej igennem en labyrint.

Heller ikke denne koncipering blev etableret som hoveddisciplin, og der var stadig problemer med overhovedet at definere psykologiens opgave og genstand. En række filosoffer med udgangspunkt i Wien formulerede i slutningen af 1800-tallet en ny opfattelse af psykologien, den såkaldte Gestaltpsykologi. De mente, at psykologien skulle beskæftige sig med det mentale, det psykiske, ikke med adfærd. Og ikke mindst skulle det ske videnskabeligt og med andre metoder end blot introspektion – eksperimenter skulle indgå, så man kunne dokumentere og teste sine teorier. Det skulle dog ikke nødvendigvis være eksperimenter i form af målinger, kvalitative eksperimenter var også acceptable. Gestalt-teoretikerne hævdede, at der var klar og endda eksperimentel evidens for, at det mentale indhold i menneskets bevidsthed var resultatet af en række specifikt psykologiske processer. Ved hjælp af en række elpærer, der blev tændt og slukket i en bestemt orden, kunne man frembringe oplevelsen af en lysende prik i bevægelse. Det er for så vidt samme fænomen, der udnyttes inden for film, hvor man med en række adskilte billeder kan frembringe illusionen af bevægelse. Hovedpointen er, at det psykologiske fænomen er forskelligt fra det fysiske – virkeligheden svarer ikke til oplevelsen – og Gestalt-psykologerne fremhævede det forhold, at der var særlige lovmæssigheder, der var gældende for dannelsen af det psykologiske, som ikke kunne forklares ud fra fysiske eller fysiologiske lovmæssigheder. Der fandtes således en række særlige psykologiske *love*, og det var psykologiens opgave at finde disse og eventuelt gøre dem praktisk anvendelige, f.eks. inden for læring.

Grundlæggeren af Gestalt-psykologien var den østrigske filosof Christian von Ehrenfels (1859-1932), der allerede i 1890 skrev en afgørende artikel om “Gestalt-egenskaber”, hvor han fremhævede oplevelsen af en melodi som eksempel på en sådan egenskab. Selve sansningen af lyd er en fortløbende række af øjeblikke, men oplevelsen af en melodi er oplevelsen af en helhed, der strækker sig længere end et øjeblik. Sådanne helheder dannes efter bestemte psykologiske love og muliggør en utrolig variation og evne til genkendelse.

I de første årtier af 1900-tallet var psykologien blevet etableret som en selvstændig videnskab, og man havde holdt den første internationale psykologi-kongres i 1899. Der var dog stadig vidt forskellige bud på, hvad det var eller burde være for en slags videnskab. Det afspejlede måske først og

Den danske professor i eksperimentalpsykologi Edgar Rubin (1886-1951) udtænkte en lang række visuelle trick-billeder. De beskæftigede sig bl.a. med det psykologiske fænomen "figur-grund", der handler om, at man aldrig kan opleve en figur uden samtidig at opleve dens baggrund. Denne "Rubin-vase" kan enten opleves som en vase eller som to profiler – men de to synsindtryk kan aldrig opleves samtidig. Rubin foretog en lang række af sådanne fænomenologiske undersøgelser af menneskets perception, og hans *Synsoplevede Figurer* (1915) fik stor betydning for Gestalt-psykologien i Danmark.



fremmest en dyb usikkerhed om, hvad mennesket overhovedet var for noget: en organisme som alle andre, underkastet fysisk-kemiske love samt måske darwinismens udviklingsvilkår, måske dertil et åndeligt væsen, med særlige dele – bevidstheden – underlagt egne love, eller noget helt andet igen?

Den østrigske læge Sigmund Freud (1856-1939) opholdt sig i 1880'erne i en længere periode hos førnævnte Charcot i Paris og i en kort periode hos Bernheim i Nancy. Han arbejdede med hysteriske tilfælde, bl.a. sammen med lægen Josef Breuer (1842-1925), der også anvendte hypnotiske teknikker. Freud var egentlig i gang med en videnskabelig karriere baseret på fysiologi, men interesserede sig også for nervesystemet og dets lidelser. På den tid var der en vældig interesse i at forstå sammenhængen mellem nervesystemet, specielt hjernen, og de psykologiske fænomener. Mange forskere forsøgte at lokalisere bestemte psykologiske funktioner til bestemte områder i hjernen og at forstå de grundlæggende træk ved nervesystemets og hjernens funktion, og Freud havde studeret træk ved sproget, specielt tabet af taleevne, afasi, og en række andre neurologiske fænomener, herunder hypnose.

I 1896 formulerede Freud et første forsøg på en sammenhængende teori, der baserede sig på, hvad man vidste om nervesystemets opbygning og funktion, og derudover på et dynamisk synspunkt, der opfattede det psykiske system som et system gennemstrømmet af former for energi, der opførte sig som andre energetiske systemer. Breuer og han var på dette tidspunkt grundlæggende af den opfattelse, at psykiske fænomener kunne forklares ud fra egenskaber ved nervesystemet.

Senere begyndte Freud imidlertid at tillægge det symbolske mere og mere vægt, og i 1900 publicerede han et større værk, *Drømmetydning*, der baserede sig på en helt ny opfattelse af forholdet mellem mennesket som organisme og mennesket som bevidst og handlende væsen. Her var ikke længere nogen eksplicitte antagelser af, at de behandlede mekanismer og processer faktisk var fysiske processer i et nervesystem. Teorien var en egentlig psykologisk teori.

Freud kaldte sin teori og praksis for “psykoanalyse”, i analogi med den kemiske analyse, der både kunne blotlægge en kemisk substans’ delelementer og løse praktiske problemer. Psykoanalysen var således både en bestemt måde at håndtere en række lægelige problemstillinger på, en form for psykoterapi, og en mere grundlæggende teori om det psykiske og dets relation til menneskets udvikling, organismens konstitution og mulighederne for fejl og anormaliteter, såkaldte psykiske sygdomme. Med Freud fik begreber som “det ubevidste”, “seksualitet” og “drift” helt nyt indhold, ligesom problemstillingen om, hvad studiet af psykiske fænomener egentlig skulle gå ud på, blev sat i en ny sammenhæng.

Freud definerede psykoanalyse som en særlig form for forståelse af neurotiske fænomener, der skulle bidrage til at gøre det ubevidste bevidst. Dermed ville man både kunne helbrede visse former for sindssygdom, men også opdage væsentlige forhold knyttet til menneskets væsen som bevidst og handlende væsen. Freud knyttede erfaringer med hypnotisk behandling sammen med teorier om menneskets mentale indretning. Derudover fremlagde han en dynamisk teori, dvs. en teori om, hvordan menneskers mentale indhold og handlinger fremkom som resultat af indre kræfter og ydre påvirkninger.

Her skal ikke gås i detaljer med Freuds udvikling eller hans mange teorier. Hovedpointen er, hvordan han og psykoanalysen bidrog afgørende til dannelsen af vores begreb om, hvad et menneske er. Det er lang mere komplekst struktureret end blot en mekanisk krop, der fungerer efter fysisk-kemiske principper, eller en sådan krop udstyret med en bevidsthed – en sjæl – der selv er en art psykisk mekanisme. Det mentale begrænser sig ikke til det bevidste. Bag dette ligger det ubevidste, og det spiller en afgørende rolle for vores bevidste ageren og påvirker vore handlinger på mangfoldige måder. Det ubevidste er tæt forbundet med processer som fortrængning og forsvar. Det vil sige, at visse former for bevidsthedsindhold fjernes fra bevidstheden og lokaliseres et andet sted, men at det samtidig stadig er aktivt. Det kan så

vide sig indirekte, i forandret form, som f.eks. neurotiske symptomer eller fejlhandlinger. Det ubevidste er imidlertid ikke bare en art skjult bevidsthed, men er knyttet til træk ved mennesket, der er kropslige, og fungerer efter andre lovmæssigheder, "primærprocesserne". De "love", som er nogle helt andre end logikkens og den rationelle tænkning, var det netop den psykoanalytiske teoris opgave at redegøre for.

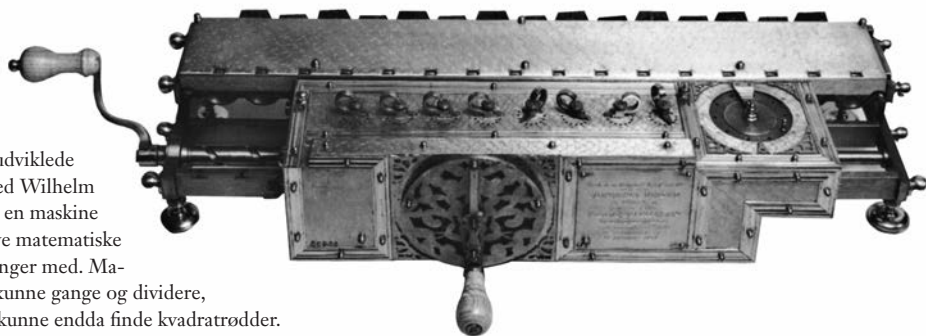
Dermed var selve ideen om eksistens af egentlige psykologisk betingede sygdomme, der selv var af psykologisk natur, etableret. Disse skulle opfattes psykologisk, knyttet til et menneskes oplevelser og samspil med andre mennesker, og skulle behandles på samme måde. Ved gendannelse, gentagelse og forståelse af skjulte betydninger, var det – under medvirken af et andet menneske, en terapeut – muligt at forme sig selv på ny, på en måde hvor de psykologiske sår var helet. Det var psykoterapi. Psykoanalysen blev således det bedste eksempel på en teori om psykologisk betingede sygdomme og deres behandling. Psykoanalysen blev dog ikke kun en lægevidenskabelig og psykologisk disciplin, men fik langt bredere betydning for forståelsen af kunst, sprog, og samfundsmæssige fænomener. Tidligere teoridannelser havde naturligvis også haft konsekvenser for f.eks. kunstnerisk praksis, men psykoanalysen fik på en helt unik måde direkte betydning for en ny kunststopfattelse, nemlig surrealismen, både inden for billedkunst og litteratur.

Hvad er et tal?

Også matematikken gjorde i 1800-tallet meget store fremskridt og blev for alvor en selvstændig disciplin. Franskmanden Évariste Galois (1811-32) grundlagde gruppeteorien, man arbejdede bredt med analysen, og geometrien fik nyt liv og nyt grundlag. Men der viste sig også sprækker i fundamentet. Besad man en reel forståelse af, hvad det egentlig var, man arbejdede med? Hvad var egentlig substansen i den matematiske viden? Det bekymrede nogle, at man tilsyneladende ikke kunne give særligt gode svar. Især det fundamentale begreb om "tal" blev genstand for interesse. Flere mente, at matematikken måtte være af en anden art end de rent empiriske videnskaber. Selvom man forsøgte at forstå matematikken som empirisk, begyndte man også i visse kredse at anse den som en erkendelse af den type, som Kant havde kaldt apriori, dvs. forud for erfaringen.

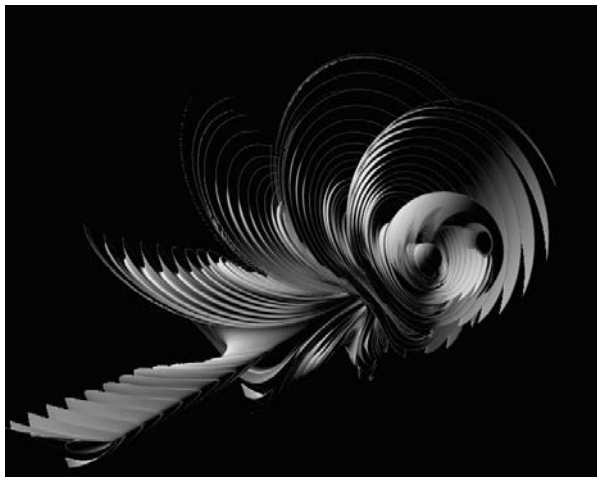
Siden man begyndte at tælle, har man primært betragtet tal som noget,

I 1673 udviklede Gottfried Wilhelm Leibniz en maskine til at lave matematiske beregninger med. Maskinen kunne gange og dividere, og den kunne endda finde kvadratrødder. Den blev brugt af matematikere og bogholdere. Her ses en rekonstruktion fra 1923.



der var knyttet til et antal af enheder. Man talte f.eks. sine får. Men man har også brugt tal til at måle med, f.eks. når man vejede noget. Hvis det bestod af små ting, såsom korn, kunne man i princippet sige, at man vejede ved at tælle antallet af korn – under den antagelse, at de alle var identiske. Men hvis man målte en væskes mængde eller vægt, eller bare et linjestykkes længde, var det mere uklart, hvad man egentlig talte. Man kunne fastsætte en enhed, som man så målte med. Men denne enhed kunne i princippet være vilkårligt lille. Længden af et givet linjestykke ville så blive udtrykt med større og større tal, når enheden, man målte med, blev mindre og mindre. Men længden var selvfølgelig den samme, bare udtrykt med et andet tal. Det var også væsentligt ved tal set som antal, at man ikke løb ind i et største tal – der kunne være ubegrænset mange tal. Tilsvarende kunne et givet linjestykke opdeles i ubegrænset mange dele eller enheder, der så blev ubegrænset små. Forholdet mellem tal og mål havde optaget matematikere og filosoffer siden antikken. Der havde man indset, at et så simpelt forhold som forholdet mellem siden i et kvadrat og diagonalen ikke kunne udtrykkes som forholdet imellem to hele tal. Tilsvarende gjaldt også om forholdet imellem længden af en cirkels omkreds og den samme cirkels diameter, det forhold, man så betegnede med udtrykket π . Siden man i 1600-tallet begyndte at erstatte geometriske metoder i beskrivelsen af naturen med aritmetiske – og specielt siden Isaac Newton (1642-1727) og Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) udviklede analysen, dvs. studiet af kontinuerte fænomener som f.eks. bevægelse med matematiske metoder – havde man frembragt mere og mere avancerede teknikker til håndtering af fysiske fænomener. Man kunne udtrykke dette i formler, der i en vis forstand hvilede i sig selv. Men disse formler kunne kun relateres til observationer via målinger, og målinger resulterede typisk i tal.

Quaternioner blev første gang beskrevet af den irske matematiker William Rowan Hamilton (1805-65) i 1843 i et forsøg på at udvikle en notation for komplekse tal i højere dimensioner. En quaternion består af et reelt tal og tre komplekse tal og kan danne meget komplicerede firedimensionale fraktalformer, hvis man programmerer dem ind i en computer i dag. Her ses et forsøg af den tyske kunstner Thorsten Fleisch (f. 1972) i filmen *Gestalt* fra 2003. Quaternioner blev senere erstattet af vektor- og matrix-notationer og bruges i dag kun inden for computergrafik til at rotere 3D-objekter med. Thorsten Fleisch, www.fleischfilm.com.



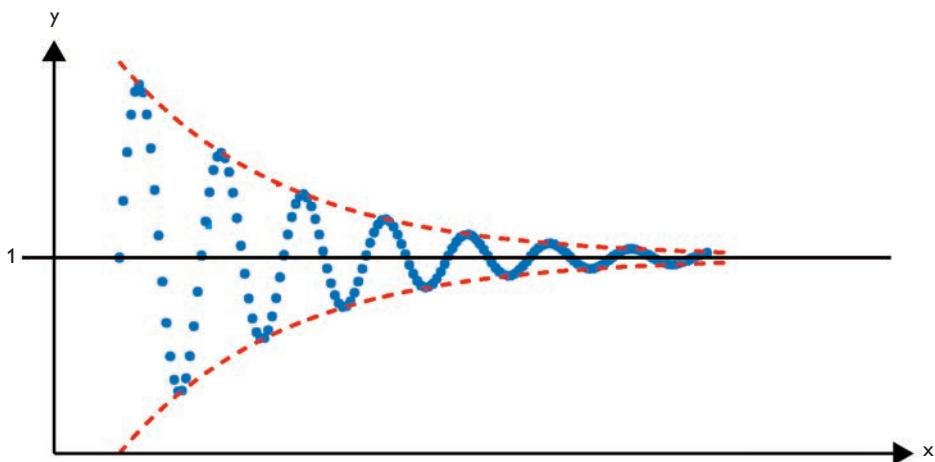
I midten af 1800-tallet var det blevet klart, at man reelt ikke forstod, hvad tal egentlig var for noget. Man arbejdede med mange forskellige former for tal – hele tal, negative tal, rationelle tal, irrationale tal, komplekse tal og sågar noget man kaldte quaternioner – og samtidig arbejdede man med begreber som længde og størrelse af et areal, der jo netop kunne variere kontinuert og dermed antage en vilkårlig størrelse.

Det er umiddelbart ret let at indse, at hvis man spørger om, hvor mange længder, der kan være mellem 0 og 100 meter, så er svaret uendeligt mange, for man kan ikke angive en mindste størrelse, som en sådan længde skulle kunne opdeles i. Man kan altid findele yderligere. Hvis man ønsker at udtrykke disse længder som tal og opfatter disse som en proportion, f.eks. som forholdet mellem en enhed og antallet af gange, denne enhed går op i længden, så er antallet også uendeligt, men der er stadig mange længder, som faktisk kan forekomme, som man ikke får med. Eksempelvis hvis man opdeler 100 meter i to dele på hver 50 meter, og så afsætter en længde ud fra nulpunktet svarende til længden af diagonalen i et kvadrat, hvor hver side er 50 meter. Ud fra Pythagoras' (ca. 580-500 f.v.t.) læresætning vil længden være $\sqrt{500}$, og den er igen identisk med 10 gange $\sqrt{5}$, der er et irrationalt tal, dvs. at det netop ikke kan udtrykkes som en brøk. Der er altså ikke noget forhold mellem tal, der kan udtrykke denne længde. Ikke desto mindre arbejdede man flittigt i de matematiske formuleringer af videnskabelige teorier med funktionelle sammenhænge, som, hvis de skulle have empirisk mening, måtte kunne knyttes sammen med tal via målinger. Yderligere havde man

traditionelt en teori om måling, der sagde, at en sådan netop var et udtryk for det antal af gange, en given enhed kunne anvendes eller bruges på det, der målttes. Når man målte en længde, gik man ud fra en enhed – f.eks. en meter – og målingen bestod så i at finde ud af, hvor mange gange meteren gik op i den givne længde. Man kunne netop derfor udtrykke det som en proportion, som en brøk. Men man kunne tit komme ud for, at det antal så at sige ikke var et tal.

De problemer, som man havde haft, siden Leibniz udarbejdede hvad han kaldte infinitesimalregning, dvs. med at opfatte differentiering og integrering som regning med en særlig slags små, uendeligt små, størrelser (se s. 118) – dem begyndte man at kunne se løsninger på i begyndelsen af 1800-tallet. Franskmanden Augustin Louis Cauchy (1790-1857) formulerede en opfattelse af differentiering og integrering, der baserede sig på, at der var tale om relationer mellem funktioner og egenskaber ved disse. Det centrale begreb for ham var “grænse” i den betydning, at vi kan nærme os en grænse, men ikke overskride den, dvs. vi kan komme vilkårligt tæt på. Det væsentlige var, at han forsøgte at definere dette, uden at skulle tale om uendeligt små størrelser eller regne med dem. Dette involverede distinktionen mellem, at noget er uendeligt, og at noget er ubegrænset. At sige, at der er uendeligt mange tal, er at tale om dem alle sammen – uendeligt mange af dem. Men at sige, at der er ubegrænset mange, er at sige, at lige gyldigt hvilket tal, der kommer på tale, så er det altid muligt at angive et tal, der er større. I tilfældet med definition af grænseværdi-begrebet drejede det sig så om at gøre en forskel, ikke uendeligt lille, men vilkårligt lille – i betydningen at der altid ubegrænset kunne findes en forskel, der er mindre. Taler vi om tallet 1, kan vi altså angive en brøk, f.eks. $\frac{128}{129}$, der er meget tæt på 1, men $\frac{1128}{1129}$ er tættere på osv. Det interessante er nu, at også her gælder, at selvom vi har mange af den slags tal, der nærmer sig 1, så er der også her mange, vi ikke får med, selvom vi altså taler om en ubegrænset serie af tal, der nærmer sig til 1, og hvor forskellen mellem tallet og 1 kan gøres vilkårligt lille.

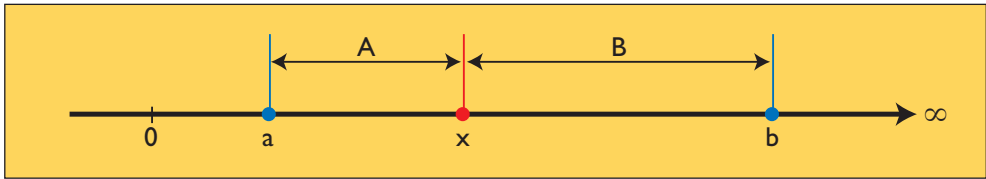
Helt op til midten af 1800-tallet tænkte man om tal i to begrebsrammer. Den ene var aritmetisk, det var tal til at tælle med, og den anden var geometrisk, og havde med kurver at gøre. Fra og med midten af 1800-tallet forsøgte flere og flere matematikere at give en fuldstændig forståelse af analysen, dvs. infinitesimalregningen, ved hjælp af klare aritmetiske begreber. Man ønskede altså at få den aritmetiske og den geometriske forståelse



til at hænge sammen. Den tyske matematiker Richard Dedekind (1831-1916) ydede en afgørende indsats i denne bestræbelse. Hvis en linje bestod af uendeligt mange punkter, og der var flere punkter, der lå i en afstand fra nulpunktet, end der var punkter, som kunne udtrykkes med rationelle tal, dvs. med brøker, så kunne de, der ikke var brøker, forstås som grænser for serier af brøker, der nærmede sig vilkårligt tæt til dem. De såkaldte irrationale tal var således at forstå som grænseværdier, og de eksisterede på samme måde som andre grænseværdier.

Dedekind udviklede, hvad der var en teori om de reelle tal. Det er de tal, der kan udtrykkes som længder af linjestykker, og som man kan skrive som uendelige decimalbrøker, men hvor man altså kan komme i den situation, at et givet tal på denne form faktisk aldrig fuldt kan nedskrives, da man jo ikke kan skrive en uendelig lang serie af cifre, men altid kan skrive et tal, der er vilkårligt tæt på det tal, man egentlig ville skrive. Tallet $\sqrt{2}$ eller tallet π , der jo begge "geometrisk set" har klare definitioner, kan f.eks. aldrig med et endeligt antal cifre skrives ned. En anden væsentlig grund til, at man i højere grad begyndte at tænke aritmetisk om tal, var, at man forstod dem som løsninger til ligninger – ligninger af alle mulige slags. $\sqrt{2}$ er som bekendt løsning til ligningen $x^2 = 2$, der jo bare geometrisk siger, at vi søger længden af diagonalen i et kvadrat med siden 1, ligesom π er forholdet imellem længden af en-

For at give mening til konceptet om en grænseværdi udviklede Cauchy nogle bestemte matematiske sekvenser. Det var nogle ordnede lister af elementer $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, som har den egenskab, at de konvergerer mod et bestemt tal. Her ses en Cauchy-sekvens i blåt, som for stigende n har en "ultimate destination", dvs. en grænse, i værdien 1.



Matematikens standard-definition af de reelle tal, dvs. alle tal undtagen komplekse tal, er det såkaldte Dedekind-snit, publiceret i 1872. Det siger, at hvis alle punkter på en lige linje falder i to klasser, A og B, hvor den ene klasse ligger til højre for et bestemt punkt x , og den anden klasse ligger til venstre for samme punkt x , så eksisterer der kun et punkt, nemlig x , som definerer snitpunktet for de to klasser. Hvis snittet producerer et rationelt tal, har vi hermed defineret det. Hvis det ikke producerer et rationelt tal, men falder mellem to rationelle tal, definerer vi det som et irrationalt tal.

hver cirkels omkreds og længden af samme cirkels diameter. Dedekind nåede sine resultater allerede i 1858, men da det var ret kontroversielle resultater, publiceredes de først i bredere kredse i 1872.

Dedekinds forskningsprogram med at udtrykke de væsentligste matematiske begreber i de teorier, der anvendtes til beskrivelse af forhold i naturen i form af aritmetiske

operationer på tal, førte så til en analyse af begrebet tal. For man måtte jo starte med de naturlige tal $1, 2, 3, 4, \dots$, og hvad var det egentlig for noget? Dedekind indså, at man kunne definere disse ved at antage, at i hvert fald tallet 1 var et tal, og at der fandtes en funktion, der som sit input kunne tage et tal og som output levere et nyt, der også var et tal, og hvor der var lagt en enhed til. Hvis man altså startede med 1, så ville man få, at funktionen – lad os kalde den S – ville levere et tal, $S(1)$, der så kunne kaldes 2, og da det var et tal, kunne det indgå, og man kunne tale om $S(2)$, der så var 3 osv. Denne proces kunne køre ubegrænset. Men alt dette ser ud som om, vi alligevel definerer og analyserer tal med tal.

Samtidig med Dedekind havde matematikeren Georg Cantor (1845-1918) udviklet en ny art matematisk teori, mængdelæren, der ikke udtalte sig om tal, men i al almindelighed om ansamlinger af genstande eller objekter. Det afgørende var, at man kunne operere med mængder uden at kende antallet af deres elementer. F.eks. kunne man afgøre, om to mængder havde samme antal elementer uden at behøve vide, hvor mange der var. Cantor kunne endda definere, hvad det ville sige, at der var uendeligt mange elementer i en mængde: nemlig at en sådan mængde havde del-mængder med lige så mange elementer som selve mængden. Et eksempel er jo, at i mængden af naturlige tal er der masser af delmængder, f.eks. mængden af lige tal, der også er uendeligt mange af. Endvidere kunne Cantor vise, at

en mængde af elementer altid har flere delmængder, end der er elementer i mængden, hvilket ville sige, at en uendelig mængde af elementer, f.eks. de naturlige tal, havde flere end uendeligt mange delmængder. Det forekom besynderligt. Men med mængdeteorien kunne Cantor og Dedekind definere – vi kunne også sige konstruere – de naturlige tal ud fra antagelsen om, at der fandtes bare én genstand i verden og også den mængde, som havde netop denne genstand som sit element. For hvis der var en genstand, så var der også en mængde med denne genstand som element. Men hvis en sådan mængde fandtes, så var det en ny genstand, og denne kunne så være element i en ny mængde osv. Den første mængde kunne vi kalde 0, den næste 1 og den næste igen 2 osv. Da de hele tiden ville være delmængder af hinanden, fik man en serie af mængder, der var ordnet. Man kunne tale om, at mængderne hele tiden havde et større og større antal elementer, og at de kunne ordnes i en rækkefølge og således tælles op. Der var således to slags tal: kardinaltal, der sagde noget om antal, og ordinaltal, der sagde noget om rækkefølge. Problemet var at finde et første element, som man kunne være sikker på eksisterede. Det blev den tomme mængde, man satsede på, for den kunne udtrykkes som mængden af genstande, der ikke var identiske med sig selv. Og det var der jo ingen genstande, der ikke var, ergo var mængden tom. Men mængden, der havde den tomme mængde som element, måtte så også eksistere, og så var processen i gang. Man kunne sige hokuspokus, og tallene var definerede. Man behøvede bare mængdeteorien og lidt logik.

Det så simpelt ud, men viste sig mere problematisk, end man skulle tro (se s. 262). I de følgende årtier blev der arbejdet meget med denne type analyser af grundlæggende matematiske begreber, begreber der var så grundlæggende, at de også var afgørende elementer i vores grundlæggende forståelse af verden. Især Dedekinds og Cantors grundlagsarbejde inden for matematikken og logikken har sidenhen ført til en lang række nye og højt avancerede formelle systemer med egne symboler og transformationsregler – som kun ganske få mennesker kan forstå. ZFC-mængdelæren baserer sig for eksempel på 10 aksiomer, mens Bertrand Russell (1872-1970) udviklede den såkaldte type-teori for at undgå de værste paradokser.

Det blev dog Gottlob Frege (1848-1925), der gav et bud på, hvordan man kunne analysere selve tal-begrebet. Dermed skabte han også en sondring mellem at bidrage til viden inden for et givet domæne, og så bidra-

ge til forståelsen af de begreber, med hvilke man udtrykte og talte om denne viden. Det blev kimen til en afgørende ændring af forståelsen af forholdet mellem empirisk videnskab og filosofisk refleksion, eller analyse, som det kom til at hedde.

Den sproglige vending i filosofien

Den matematiker og filosof, som mere end nogen anden forsøgte at afklare begreberne, var tyskeren Gottlob Frege. Han er central, fordi han ses som den første teoretiker, der foretager det, der er blevet kaldt “den sproglige vending”. Han forsøger at løse problemer ved omhyggelig og detaljeret analyse af begreber og sprog, ved at gøre sig klart, hvad det egentlig er, vi siger og gør, når vi tænker. Han forstår ikke tænkning som en psykologisk aktivitet. Det, der interesserer ham, er derimod at afdække de logiske sammenhænge, der ligger bag, hvad vi siger, og de strukturer, der ligger i dette. Han betegnes ofte som filosofernes filosof, da han er en uhyre krævende tænder, der bevæger sig på et uhørt højt teknisk og abstrakt niveau. Han formulerer nogle centrale teoretiske standpunkter, der er aldeles overraskende. De er karakteriseret dels ved, at nogle af dem er blevet stående som væsentlige filosofiske standpunkter, og dels ved, at det har været muligt at vise, at andre er forkerte.

Frege er således en filosof og teoretiker, der foretager monumentalt væsentlige fejltagelser. Det er disse væsentlige fejltagelser, eftertiden lærer af. På den måde er udviklingen omkring Frege også et alternativ til hans kollega Friedrich Nietzsches (1844-1900) opfattelse, at filosofien blot erstatter det ene sæt af metaforer med det andet – uden at der i egentligste forstand vindes ny erkendelse. Rent fagvidenskabeligt er han grundlæggeren af den moderne logik, den såkaldte matematiske logik, idet han ønskede at bedrive logik på samme måde, som man bedrev matematik. Men han mente bestemt ikke, at logik var matematik – derimod mente han, at matematik var logik. Freges projekt gik ud på at aflede hele aritmetikken og analysen fra logikken – han var “logicist”. Han mente heller ikke, at logik havde noget med psykologi at gøre, tværtimod måtte psykologien også opfylde logikkens love. Således var tænkning ikke en indre håndtering af mentale entiteter – begreber – eller erkendelse via repræsentation af den ydre verden. Han var altså også imod det erkendelsesteoretiske projekt, som blev startet af Descartes (1596-

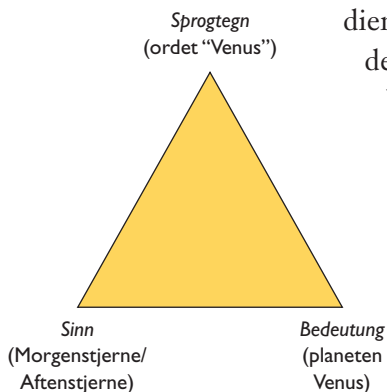
1650). Matematik var logik, og logik var studiet af objektive sammenhænge, som vi som mennesker havde adgang til at erkende. Dermed kan man sige, at han faktisk var noget så “gammeldags” som platonist. Det skyldtes først og fremmest, at han mente, at de fundamentale matematiske begreber kun gav mening, hvis man opfattede dem som refererende til genstande. Det fundamentale begreb var tal, og det betød for Frege, at hvert tal var en genstand for sig selv. Når man tænkte på tallet syv, tænkte man på noget, og det, som en anden tænkte på, når vedkommende også tænkte på tallet syv, var netop samme genstand. Det samme var tilfældet, når man talte eller skrev om tallet syv. Det kunne man gøre på mange måder, med forskellige notationer eller i forskellige sprog. 7, VII, syv, sept, antallet af dage i ugen, alt sammen refererer til ét og samme tal – så det virkede overbevisende at hævde, at der måtte være noget, som der refereredes til. $3+4$ kan også siges at referere til syv. Frege udvidede dog dette. I et udsagn som $3+4 = 7$ siges det, at de to sider af lighedstegnet refererer til det samme, og i tilfælde, hvor det var sandt, mente Frege, at det samlede udsagn refererede til et yderligere objekt kaldet “Det Sande”. Havde der stået $3+2 = 7$, så havde den ene side refereret til tallet fem og den anden til tallet syv, og hele udsagnet havde refereret til “Det Falske”.

Frege talte ikke om mængder, men om klasser. Enhver klasse havde et bestemt antal medlemmer. Det betød, at der kunne dannes en klasse af de klasser, der havde samme antal medlemmer. Dermed ville der være en klasse af de klasser, der ingen medlemmer havde, en klasse af de klasser med ét medlem osv., og det var jo netop tallene. Freges løsning var altså, at tal var klasser af klasser med samme antal medlemmer. Der var ikke tale om en cirkulær definition, da man jo kunne definere, hvad det vil sige at have samme antal medlemmer uden at kunne definere hvor mange. Dernæst kunne man vise, at sådanne klasser eksisterede og havde karakter af at være genstande. Det vil sige, at man kunne tale om dem, vide noget om dem, men også at man for at kunne det måtte benytte sig af et sprog, der indeholdt andet end reference til genstande. Man måtte kunne sige noget *om* disse genstande, ikke bare referere til dem. Det er ikke nok at kunne sige “Fido”, man må – for overhovedet at sige noget – sige noget i retning af: “Fido er en hund” eller “Fido, kom her!” Ord har for Frege kun mening i en sammenhæng, og den sammenhæng er sætninger. Når Frege analyserede en sætning, gjorde han det ikke grammatisk, men logisk. Det vil sige, at en sætning som “H.C.

Andersen skrev ‘Snedronningen’” ikke blev analyseret i subjekt og prædikat. Frege mente, at der snarere var tale om en logisk funktion: “x skrev ‘Snedronningen’”, der ved værdien “H.C. Andersen” indsat for x gav en sætning, hvis funktionsværdi var “Det Sande”. Hvis man satte “Karen Blixen” ind, ville funktionsværdien være “Det Falske”. Den logiske form var altså ikke xRy , hvor R var en relation “x skrev y”, og hvor x og y kunne så tage værdierne “H.C. Andersen” og “Snedronningen”, men formen $F(a)$, hvor $F(x)$ var en funktion og a en konkret værdi, som så gav en funktionsværdi. “H.C. Andersen” refererede til en genstand, men “... skrev ‘Snedronningen’” refererede til, hvad Frege kaldte et begreb. At sige noget med talord, f.eks. “Ugen har syv dage”, er at sige noget om et begreb, nemlig at begrebet “ugens dage” har en bestemt egenskab, dets ekstension, som er identisk med ekstensionen af tallet syv, dvs. at “ugens dage” er et element i klassen af klasser, der har syv elementer. Samme analyse kan gives til “Jorden har én måne” og alle andre former for brug af talbegrebet.

Frege blev hurtigt klar over, at “betydning” forstået som reference til noget ikke var et simpelt fænomen. Han mente, man måtte skelne mellem to typer af betydning. Den første var, når der blev refereret til en genstand – det kaldte han “Bedeutung”. Den anden var, når der var knyttet en mening til et ord – det kaldte han “Sinn”. Hans eksempel var, at ordene “Morgenstjerne”, “Aftenstjerne” og “Venus” alle refererer til samme genstand, men har forskellig *mening*. Det samme gælder “Forfatteren til ‘Snedronningen’”, “Forfatteren til ‘Tinsoldaten’” og “H.C. Andersen”. Der sker farlige ting, hvis man blander kategorierne sammen. For hvis man tager det for givet – og det er naturligt for en matematiker – at to ord, der refererer til

samme genstand, kan byttes ud, uden at sandhedsværdien eller korrektheden i et argument ændres, så går det galt. Eksempelvis er der ikke tvivl om, at “København” og “Hovedstaden i Danmark” refererer til samme genstand. Derfor kan man skrive:



Frege forsøgte også at skabe klarhed i sprogfilosofien ved at adskille begreberne ved deres logiske egenskaber. Her ses Freges semantiske trekant, der adskiller ordene “Morgenstjerne”, “Aftenstjerne” og “Venus” alt efter den mening, de indeholder, selvom de alle tre refererer til samme genstand.

København = Hovedstaden i Danmark

Så hvis man siger:

København ligger på Sjælland
Sjælland er tæt på Sverige
Ergo er København tæt på Sverige

Så kan man erstatte “København” med “Hovedstaden i Danmark” uden at ødelægge udsagnet. Men hvis man siger:

Peter ved, at H.C.Andersen er forfatteren til “Tinsoldaten”
Forfatteren til “Tinsoldaten” = Forfatteren til “Snedronningen”
Ergo ved Peter, at H.C.Andersen er forfatteren til “Snedronningen”

... så er det ikke nødvendigvis et korrekt argument, for Peter ved muligvis ikke, at H.C. Andersen skrev både “Tinsoldaten” og “Snedronningen”. Så i den slags argumenter kan man ikke opføre sig som om, det eneste, der talte, var hvilke genstande, der blev talt om. Man må også tage hensyn til indholdet, *meningen*, med de ord, vi bruger – og ikke mindst vide, at de bruges i en sammenhæng, hvor de ikke kun refererer til genstande, men også til forhold ved disse genstande og de sætninger, hvori de indgår. Det er jo det, der er indholdet, når vi siger noget om, hvad – og hvad ikke – Peter ved noget om. Simple sprogelementer som navne, egenskaber, sætning, betydning osv. viste sig for Frege at rumme meget større kompleksitet, end man indtil da havde antaget.

Frege publicerede lige omkring år 1900 hovedresultaterne af sit arbejde. Han forsøgte ved præcise analyser og en metodisk fremgangsmåde at aflede alle aritmetikens læresætninger fra forudsætninger, der var rent logiske. For at kunne vise, at tal var genstande, måtte Frege kunne bevæge sig fra et begreb til dets ekstension, dvs. det, der falder under begrebet. Så man måtte kunne komme fra “ugens dage” til tallet syv, og forstå tallet syv som netop en klasse af klasser. Men så måtte man kunne danne klasser. Den engelske matematiker og filosof Bertrand Russell påpegede i 1903 i et brev til Frege, at hvis man danner klasser af klasser, så kan man også danne følgende klasse:

Klassen af klasser, der ikke er medlem af sig selv

Men Russell viste nu, at en sådan klasse giver problemer. For hvis man antager, at den ikke er medlem af sig selv, så er den jo netop medlem af sig selv, og hvis man antager, at den er medlem af sig selv, så er den jo netop – givet klassens definition – ikke medlem af sig selv. Frege måtte sønderknust erkende, at hans projekt var baseret på en logisk inkonsistens, knyttet til selve det centrale begreb om klasser. Det var første del af sammenbruddet i Freges ellers storslåede projekt. Det næste kom i 1931, da selve forestillingen om et sæt af regler, definitioner og forudsætninger, der kunne siges at karakterisere aritmetikken entydigt, kom under angreb (se s. 268).

Frege havde med sine analyser afgørende ændret måden at filosofere på og måden at tænke om tænkning på. Filosofi blev til enten begrebsanalyse – det bedrev filosoffer som Bertrand Russell og Ludwig Wittgenstein (1889-1951) – eller til undersøgelser af forudsætningerne for tænkning og erkendelse forud for selve udfoldelsen af disse – det gjorde Edmund Husserl (1859-1938) med sin fænomenologiske analyse. Frege står på den måde som den væsentligste forløber og inspirator for helt væsentlige former for filosofi i det 20. århundrede. Den sproglige vending i filosofien, som han startede, betød altså, at man begyndte at gå væk fra at tale om tingene og i stedet begyndte at tale om, *hvordan* man taler om dem.

Forskningsmetode

Immanuel Kant havde i slutningen af 1700-tallet forsøgt at give et svar på, hvordan en naturvidenskab overhovedet var mulig. Hvordan var forholdet mellem mennesket, dets erkendeevne og så den viden, der fremkom om naturen, for ikke at sige virkeligheden? Hans kritiske filosofi var dette forsøg, og det centrale var, hvad han kaldte en “kopernikansk vending”, nemlig at den verden, som videnskaben gav os, ikke var et billede af verden, men snarere et billede konstrueret ud fra hvordan vi som erkendende væsener var indrettede. Det billede, som mennesker lavede af verden, måtte være en newtoniansk fysik – det kunne ikke være anderledes. Ikke fordi verden var, som den er, men fordi en sådan verden er i overensstemmelse med menneskets begrebsapparat og erkendeevner. Hele 1800-tallet forsøgte forskere og filosoffer at forholde sig til, om dette var rigtigt.

Et alternativt bud var at lægge meget mere vægt på, at videnskaben baserer sig på erfaring. Det var en position, som positivismen havde. Englænde-



ren John Stuart Mill (1806-73), der var en af de første, der forsøgte et omfattende arbejde med videnskabernes metode, hældede også i den retning. Dermed opstod problemet om, hvordan det var muligt på basis af erfaring, observation og enkelte eksperimenter at fremlægge og begrunde helt generelle teorier? Det var problemet om induktion. Fandtes der en særlig videnskabelig metode, eller måske flere sådanne metoder? Mill fremlagde en række bud på, hvordan man kunne ræsonnere sig frem til årsagsforklaringer på basis af systematiske observationer, og han mente, at der i de forskellige videnskaber var en række metoder i brug. Hans store bog *A System of Logic* fra 1843 var en af de første lærebøger i videnskabelig metode. Mange andre fulgte efter, og det blev efterhånden væsentligt for filosoffer at fremlægge videnskabsmetodologier, dvs. mere generelle principper for den videnskabelige aktivitet og begrundelser for hvorfor, den førte frem til viden og erkendelse.

Der udviklede sig efterhånden en række grundfæstede krav til, hvad der

John Stuart Mill mente bl.a., at kvinder burde have retten til at stemme – et meget kontroversielt synspunkt i midten af 1860'erne. Som medlem af parlamentet forsøgte han at ændre ordlyden i stemmeloven fra "mand" til "person", men modtog kun latter og hån, som i denne karikatur fra *Punch* (30. marts 1867) med teksten: "Mills logik eller Koncession for Kvinder: 'Giv plads for disse – øh – personer'". Mills forslag blev nedstemt i House of Commons med stemmerne 76 mod 196 · CartoonStock.

burde og ikke burde ske i videnskabelig forskning. Et væsentligt element i dette var en konstant insisteren på, at fænomener skulle være målelige, for at de kunne underkastes videnskabelig analyse. Målelighed førte til etablering af kvantitative data, og disse skulle håndteres. Det førte igen til arbejdet med at etablere metoder til håndtering og evaluering af kvantitative data. Det blev til statistikken. Det var særligt spørgsmål om, hvad man kunne og ikke kunne drage af konklusioner ud fra et givet datamateriale, der var i centrum.

Et berømt og indflydelsesrigt eksperiment knytter sig til lægen Pierre Charles Alexandre Louis (1787-1872) og hans studier af åreladning omkring 1840. Louis ville gerne undersøge sammenhængen mellem sygdomshelbredelse og åreladning, der var en meget udbredt praksis. Han sammenlignede data vedrørende to grupper patienter med samme sygdom, hvor den ene blev åreladet og den anden ikke. Det var et tidligt eksempel på den såkaldt kontrollerede undersøgelse, hvori der indgår både en gruppe, der påvirkes, og en kontrolgruppe, der ikke påvirkes. Louis ville egentlig påvise den gavnlige virkning af åreladning, men hans datamateriale fra 77 patienter viste, at åreladning bestemt ikke var gavnlig, tværtimod. For at kunne afgøre om et datamateriale virkelig kunne bruges til at forkaste en teori eller hypotese, skulle man kunne sige noget om, hvor sandsynligt det var, at en given fordeling var et resultat af tilfældighed. Den fordeling, som Louis fandt, mente han ikke kunne skyldes tilfældighed, men måtte skyldes, at åreladning faktisk var skadelig.

Der udviklede sig efterhånden en lang række teknikker og en hel matematisk disciplin – teoretisk statistik – der beskæftigede sig med den slags problemer. Det blev til arsenalet af videnskabelige metoder. Det generelle træk ved dem var, at de alle drejede sig om krav til datamateriale og om mulighederne for at slutte noget om virkelighedens indretning på basis af eksperimentelle og observerede data.

Mange kulturer har haft betydelig naturvidenskabelig og matematisk forskningsaktivitet. Der var således en stor islamisk videnskabelig indsats, og Kina i Sung- og Ming-tiden var videnskabeligt og teknologisk særdeles aktiv og innovativ. Men det er i få kulturer og samfund, at der er sket en konsolidering af en videnskabelig grundholdning til, hvad der udgør viden, og hvad der kan give retningslinjer og pejlemærker for forståelse af menneskets plads i kosmos. De to væsentligste alternativer har næsten altid været filosofi og religion. De to kilder til viden skulle således være spekulation og åbenbaring.

I perioden efter Darwin, og efter at videnskab havde vist sin afgørende nytte i skabelsen af nye produkter og produktionsformer, var der basis for, at den afgørende leverandør af, hvad vi kunne kalde kognitive værdier, var videnskaben. I lange perioder siden den videnskabelige revolution i 1600-tallet havde videnskab, filosofi og religion så at sige arbejdet sammen. Nu blev der ved 1800-tallets slutning tale om, at videnskaben og dens normer og værdier blev dominerende. Den videnskabelige revolution konsoliderede sig. Dens normer om objektivitet, upartiskhed, løbende kritisk diskussion i et samfund af forskere og åbenhed om viden gennem publikationer blev almengjorte. Positivismen havde set videnskaben som en art religiøs afløser for religionen, men det afgørende var, at der blev skabt en dominerende videnskabelig kultur. Filosofien blev ikke anset for i stand til at levere egentlig viden, og hvis den gjorde det, så var den faktisk empirisk videnskab. Religionen tabte autoritet, ikke kun fordi – og måske slet ikke først og fremmest fordi – dens dogmer blev modsagt af den ene videnskabelige teori efter den anden, men også fordi dens tekster og udsagn blev underkastet videnskabelig analyse. Teologien fik følgeskab af en religionsvidenskab, der ikke var forpligtet over for åbenbaringen, men alene over for de videnskabelige normer og værdier. Bibelen blev underkastet en videnskabelig bibelkritik.

Det skulle vise sig i den følgende udvikling inden for fysik og matematik, at forholdet mellem empirisk forskning og filosofisk refleksion ikke var så simpelt endda. Den bedste empiriske teori – kvantemekanikken – rejste helt afgørende filosofiske spørgsmål og krævede en filosofisk fortolkning. Spørgsmålet om, hvad der i matematikken kunne bevises eller modbevises, rejste tilsvarende spørgsmål om sammenhængen mellem filosofi og matematik. Dette forhindrede imidlertid ikke, at den videnskabelige kultur ikke kun fik status som den, der kunne levere egentlig og pålidelig viden, men også kunne udbredes til andre samfundsområder end forskningen. Det kom til at præge 1900-tallet kraftigt. Samtidig rejste der sig dog også problemer med at klarlægge mere eksplicit, hvad det egentlig var for værdier og metoder, der var særegne for videnskaben. Var der “én videnskabelig metode”, eller var der flere? Var videnskaben en enhed, der baserede sig på en sådan metode og måske også et sæt af distinkte værdier, eller var der tale om en pluralitet af både værdier og metoder?