

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.

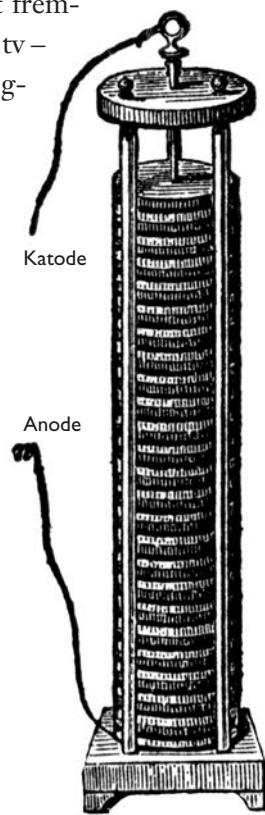
Første eksempel er magneten. I slutningen af 1700-tallet er elektriske fænomener på mode. Amerikaneren Benjamin Franklin (1706-90) udforsker lyn og opdager, at det er elektriske udladninger. Det lykkes italieneren Alessandro Volta (1745-1827) at fremstille den første stabile kilde til elektrisk

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.



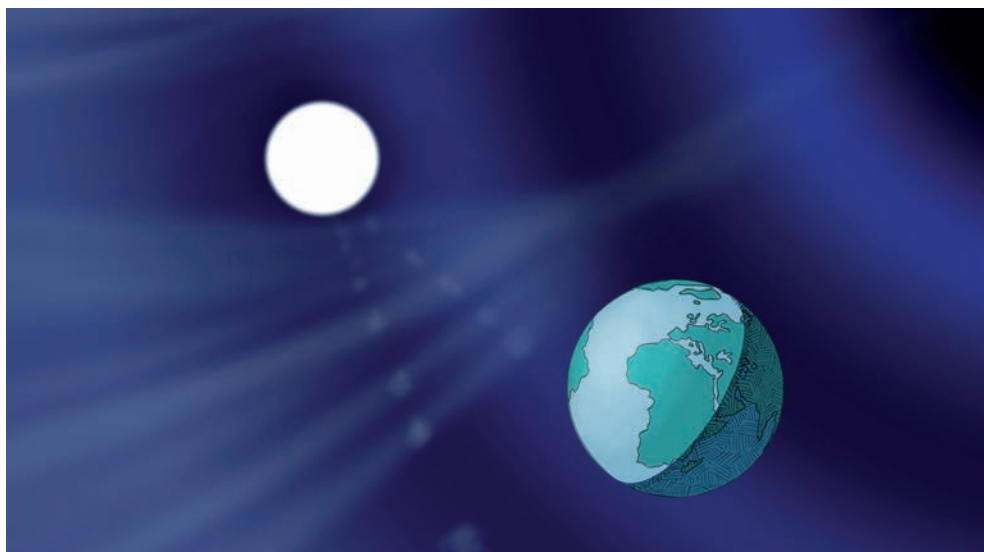
er imellem en sådan genstand og Jorden, vil der være den samme påvirkning. Der er altså tale om påvirkning over afstand.

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