

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

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

Kritik af aprioriet

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

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

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

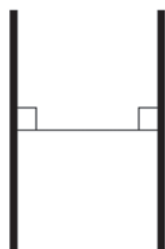
En af konsekvenserne for naturvidenskabens filosofiske historie var et opgør med Kants opfattelse af erkendelsen. Kant mente, at der var træk ved den menneskelige erkendelse, der gik forud for erfaringen, og som var af så fundamental karakter, at der ligefrem var tale om *betingelser* for erkendelse.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

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

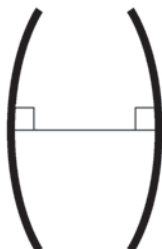
Alt dette blev der nu sat spørgsmålstegn ved. Først opdagedes muligheden for at konstruere geometrier, der ikke er euklidiske. Det viste sig, at man uden at modsige sig selv kan erstatte det såkaldte parallel-aksiom (dvs. Euklids femte postulat, se s. 41) med andre aksiomer. Derved opnås geometrier,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

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

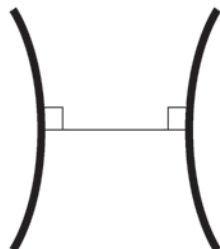
Omkring 1870 opfattede de fleste geometrien som en formel videnskab. Angående rummets væsen var der absolut ingen enighed. Nogle opfattede



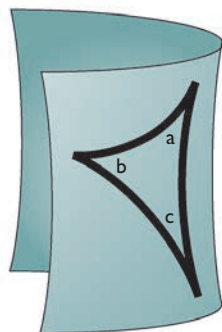
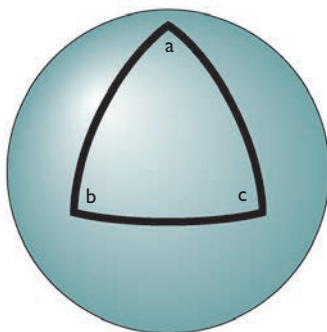
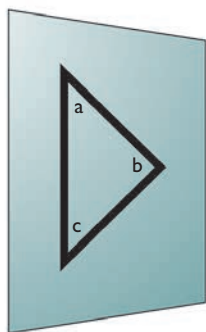
Euklidisk



Elliptisk



Hyperbolsk



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

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

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

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

Mekanisk manipulerbar materie

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

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

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