

Måling tvang altså kemikerne til at overveje situationen, og da ideen om stof med negativ masse var yderst uplausibel, måtte man revidere phlogiston-teorien. Lavoisier var den første, der fremførte den alternative teori, at metal ikke bestod af to stoffer, men var et grundstof, der reagerede med et stof i luften – han kaldte det oxygen – og at trækul, som var brændbart, ikke var brændbart, fordi det indeholdt meget phlogiston, men at det reagerede med luftens ilt.

Oplysningsfilosofferne og tidens videnskabsmænd var vældigt optagne af det praktiske. De havde godt nok mange teoretiske anskuelser, men observation, måling og eksperiment i sig selv egnede sig også til at løse praktiske problemer. Selvom man ikke havde god teoretisk forståelse af et felt, kunne man anstille forsøg. Et kendt eksempel er den engelske fysiker og ingeniør John Smeatons (1724-92) forsøg med vandhjul. Han foretog dem for at finde ud af, om overfaldshjul eller underfaldshjul var de bedste. Han mente på baggrund af omfattende målinger, at overfaldshjul var bedst. Han havde ingen teori om energi, så der var alene tale om rent a-teoretiske empiriske forsøg.

Hume og Kant

Den skotske filosof David Hume (1711-76) fremlagde i årene omkring 1750 en teori om den menneskelige erkendelse, som var mere radikal end Lockes og de fleste af de franske oplysningsfilosoffers. Hvor de helt klart mente, at der fandtes en materiel verden, som påvirkede vore sanser og dermed gav anledning til erkendelse, var Hume mere skeptisk. Ifølge ham var det eneste, man med sikkerhed kunne vide, at der var en sammenhæng mellem sanseindtryk og begreber – altså at erkendelse var et resultat af noget, der havde med sanserne at gøre. Om der rent faktisk var noget, der påvirkede sanserne, var umuligt at bevise, idet det ville kræve, at vi kunne percipere sammenhængen imellem dette noget og sanseindtrykket. Men selv dét ville jo blot være et sanseindtryk osv. Når jeg således ser en rød postkasse, så siger Hume, at jeg alene kan være sikker på, at jeg har et rødt postkasseagtigt indtryk. Derefter antager jeg, at der er en rød postkasse, som er årsag til dette indtryk – selve ordet “indtryk” siger jo, at der må være noget, der trykker, og noget der trykkes – men jeg kan ikke være sikker på, at der faktisk er en sådan rød postkasse.

Hume kritiserer selve årsagsbegrebet, som vi jo bruger, når vi slutter fra indtryk (effekten) til det materielle objekt (årsagen). Vi antager nemlig, at sammenhængen mellem årsag og virkning er en *nødvendig* sammenhæng. Men reelt er der intet i vores erfaring, der viser os denne nødvendighed. Erfaringen viser kun, at fænomener forekommer sammen, men vi kan ikke deraf slutte, at det altid vil forholde sig sådan. For Hume er store dele af erkendelsen således ikke grundet på nødvendige principper, men derimod på træk ved den menneskelige natur, f.eks. at vi tillægger sammenhænge nødvendighed, selvom den faktisk ikke er der. Når vi tilpas mange gange har observeret en sammenhæng, så opfatter vi denne sammenhæng som en lovmæssighed. Den materielle verden, årsagssammenhænge, det enkelte menneskes jeg – alle disse centrale begreber i vores normale dagligdagsopfattelse af verden og os selv – udsatte Hume for en skeptisk kritik. Men hans kritik ramte ikke kun en række af vore mest centrale dagligdagsbegreber, den ramte også en bestemt forståelse af naturvidenskaben – nemlig forestillingen om, at denne gav sikker viden om nødvendige kausale forhold i den materielle verden, og at den eksisterede uafhængigt af videnskabsmanden.

Hvis Hume havde ret i sin opfattelse af erkendelsen, så var der problemer med forståelsen af videnskaben – store problemer. Det interessante er imidlertid, at Hume faktisk havde Newtons fysik som sit erkendelsesideal, idet han ville skabe en lige så stringent teori om mennesket, dets natur, dets moral og dets erkendelse. Som Newton afledte naturens mange fænomener fra et lille antal simple og klare love, så ville Hume aflede en teori om mennesket fra få simple love, der var ubetvivleligt sande. Problemet var bare, at når man gjorde dette, måtte man tvivle på principielt alt. Ikke i Descartes' forstand, men ud fra et princip om, at hvad der ikke forelå som resultat af sansning, det var tvivlsomt, og så blev der meget lidt sikker viden tilbage. For Hume accepterede bestemt ikke Descartes' argumenter for hverken selvet som et eksisterende jeg, for Gud som det nødvendigvis eksisterende

Kom ikke her med dit "hændelser, der følges ad, er ikke altid kausalt forbundne!" Det er dit!



David Hume giver et eksempel i værket *Afhandling om den menneskelige natur*: "Vi husker at have set en flamme og have følt en oplevelse af varme. Samtidig husker vi at de altid følges ad. Uden videre kalder vi det ene 'Årsag' og det andet 'Effekt' og slutter, at eksistensen af det ene skyldes det andet." Derfor er årsagssammenhænge ifølge Hume et produkt af observationer, en bevidsthedens vane, og potentielt ligeså fiktive som optiske illusioner.

eller for Gud som garant for erkendelsens objektivitet. Hverken selvet eller Gud kunne for Hume foreligge som resultat af sansning.

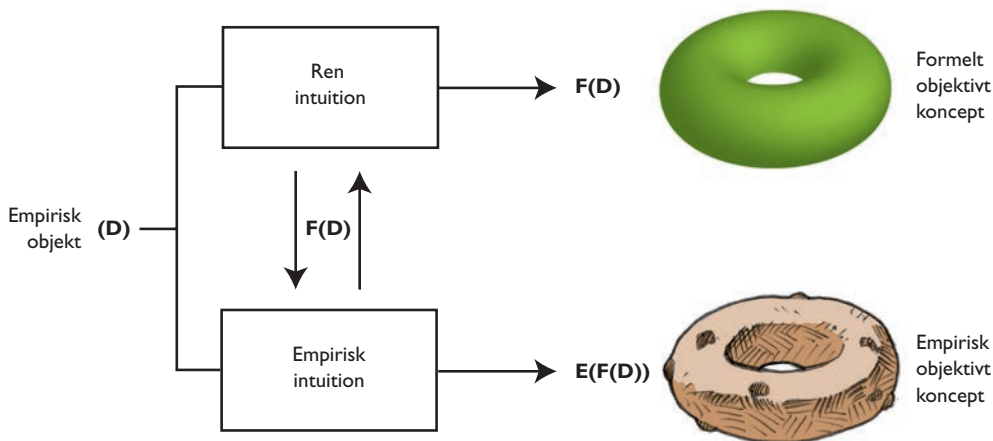
Humes skeptiske erkendelsesteori fik den tyske filosof Immanuel Kant til at vågne af, hvad han selv kalder “sin dogmatiske slummer”. Der måtte gives et svar, der stadfæstede naturvidenskaben som en objektiv erkendelse – og ikke bare erkendelse med rod i menneskets psykologi. Kant foretog en nyfortolkning af, hvordan naturvidenskaben i form af en matematisk og mekanisk fysik er mulig. Hume havde for så vidt ret i, at den kun er mulig baseret på menneskets subjektive egenskaber. Men disse er ikke blot og bart empirisk konstaterbare. De har karakter af nødvendige betingelser. Verden består således af en lang række erfaringer, som et subjekt har. For det første må der altså være tale om et subjekt, der har disse erfaringer. Subjektet er ikke selv noget, der kan være en erfaring af, men det er derimod en betingelse for erfaring. Erfaringerne har derudover bestemte egenskaber – dvs. subjektet må nødvendigvis erfare verden i en bestemt form. Den må fremtræde i rum og tid, og den må fremstå som struktureret på en bestemt måde, først og fremmest som struktureret via kausale sammenhænge.

Hvis vi borttænker tingene og tænker os det tomme rum, så kan vi ikke yderligere borttænke rummet, for så er erfaring af ting overhovedet ikke mulig længere. Begivenheder må udfolde sig i tid, og begivenheder må hænge sammen, og denne sammenhæng er netop den kausale sammenhæng. Hvis begivenheder fulgte hinanden vilkårligt, ville erfaring være umulig, hævder Kant. Visse ting sker i en bestemt rækkefølge som en sammenhæng, mens andre sker tilfældigt og uden sammenhæng. Denne distinktion er nødvendig for, at vi overhovedet kan have erfaring. Og den er jo også åbenlyst en forudsætning for, at vi overhovedet kan lære noget. Kant foretager hermed, hvad han selv kalder en “kopernikansk vending” ved at lokalisere muligheden for naturvidenskaben i subjektets natur og situation. Man kan dog sige, at der nok snarere er tale om en “omvending” af den kopernikanske vending, idet Kopernikus jo flyttede verdens centrum fra det sted, hvor mennesket har til huse, Jorden, og til Solen, mens Kant flytter verdens natur fra en materiel objektiv verden til subjektet. Men hvis naturen i den form, hvori vi kan erkende den, har sine egenskaber fra subjektet, hvor er så subjektet? Hvis det er forudsætning for tid og rum, er det måske ikke selv i tid og rum?

Med Kant kommer et problem til kulmination, der har været til stede hele tiden siden fremkomsten af mekanisk naturvidenskab. Descartes

accepterer, at naturen som objekt for naturvidenskab kun er en del af virkeligheden, men i slutningen af 1700-tallet bliver dét mere og mere problematisk. For Kant er det klart, at mennesket først og fremmest er et både moralsk handlende og et erkendende væsen. Som erkendende oplever det sig som deltager – qua sin naturlige krop – i en verden af nødvendighed. Men som handlende, moralsk handlende, er mennesket et frihedens væsen. Selve samspillet og sammenhængen mellem subjektet som udgangspunkt for moralsk handlen og som udgangspunkt for naturvidenskabelig erkendelse forbliver et problem for Kant. For ham kan både kunsten og selve opfattelsen af naturen som et formålsbestemt system være formidlere. Oven over det hele svæver en art subjektiv fornuft, der kan manifestere sig på flere måder. Én af dem er den videnskabelige erkendelse, hvor der gælder visse begrænsninger i udfoldelse af fornuften: den bliver begrænset til at være “forstand”. Dette gælder alle former for fornuft: når den skal udfolde sig, sker det under visse begrænsninger og i visse former. At undersøge og bestemme disse begrænsninger og former er filosofiens opgave – det kalder Kant for kritik. Videnskab, moral, politik, kunst, religion har så hver deres måde at fungere som fornuft på. Der gives dog – ifølge Kant – ikke noget overordnet sæt af regler, sådan som Descartes troede, der gjorde, der kan bestemme fornuften som sådan. Den er altid kun fornuft i samspil med et materiale. Kunstens, moralens, videnskabens og religionens verden er på en vis måde altid den samme verden, nemlig den verden, som vi lever, handler og erkender i. Men samtidig er det også helt forskellige verdener. Kunsten er følelsernes, moralen er pligtens og frihedens, videnskabens er nødvendighedens og lovmæssighedens.

Kant opdelte videnskaben i to dele. Den første var den videnskab, der alene havde med selve tænkningens betingelser at gøre – det var logikken, og den havde intet konkret indhold. Den anden var al anden videnskab, dvs. den videnskab, der var afhængig af træk ved vores erfaring. Denne del var så ydermere opdelt, idet der var tale om forskellige træk ved vores erfaring. Aritmetik havde sit udspring i erfaring med tiden, geometri med rummet, fysik med omgang med materielle genstande, sådan som disse måtte foreligge i vores erfaring osv. Kant forsøgte sågar direkte at aflede Newtons mekanik ud fra en analyse af betingelser for erfaring med fysiske genstande. Biologi havde at gøre med erfaring om organismer. Men der var ikke nogen samlende videnskab, selvom Kant i sine seneste år var vældigt inspireret af



Kant opdelte intuitionen i to typer. Den ene er den rene intuition, som uafhængigt af fysiske objekter kan skabe en formel forståelse af et koncept, f.eks. en torus. Forudsætningerne for, at det kan lade sig gøre, er, at rum og tid er *a priori* repræsenteret i vores bevidsthed, dvs. umiddelbart og uden forurening fra erfaringer. Den anden er den empiriske intuition, som er den konkrete sansning af f.eks. en donut med rosiner. Men da den konkrete sansning forudsætter den rene intuition, kan vi mennesker kun lave fornuftsslutninger om konkrete ting i en syntese af formelle og empiriske koncepter.

kemiens udvikling imod en eksakt videnskab, sådan som Lavoisier bidrog til.

Det er imidlertid vigtigt at være opmærksom på, at Kants opfattelse af erkendelsen hele tiden havde basis i det, han kaldte *intuition*. Intuition var for Kant anskuelige forestillinger knyttet til vores erfaring, sådan som vi subjektivt oplever den. For Kant var det stadig den geome-

triske konstruktion, der var kernen i videnskabsforståelsen. D’Alembert, Lagrange og mange andre matematikere og fysikere, der formulerede rene algebraiske teorier, opfattede i stedet løsning af ligninger som kernen i den videnskabelige tænkning. Denne løsrivelse af de centrale videnskabelige begreber fra den umiddelbare intuition og anskuelighed – fra geometrien – bliver afgørende for videnskabens senere udvikling i løbet af 1800-tallet.

I oplysningstænkningen sammenkobles ofte naturvidenskab, etik og politik. Den oplyste naturforsker er fordomsfri, åben og baserer sin moral og sine politiske standpunkter på forestillinger om fornuftige løsninger til alles bedste. Livet for den enkelte og i samfundet skal modelleres efter de samme principper, som gælder for naturen. Det har været kaldt “scientisme”, fordi man ville bruge naturvidenskabens teorier som udgangspunkt for teorier om, hvordan samfundet burde indrettes, og hvordan man skulle formulere principper for den rette livsførelse.

Den videnskabelige metode – observation, eksperiment, måling – forsøgte således også anvendt på områder, hvor man ikke kan antage et ab-

straktionsniveau som i mekanikken. Det betyder, at man begyndte at grundlægge visse af de praktiske færdigheder på systematiske iagttagelser og målinger. Man gjorde viden nyttig og realiserede gamle drømme fra den naturvidenskabelige revolutions barndom. I forening med den teknologiske udvikling og udformningen af et nyt industrielt produktionssystem muliggjorde det en stor forfinelse i instrumenter og maskiner. Den begyndende industrialisering i 1700-tallets slutning var ikke særlig tæt knyttet til den teoretiske videnskab, men flere af oplysningstidens egne helte var både praktiske forskere, teknologer, moralister og politikere. Mest kendt er måske amerikaneren Benjamin Franklin (1706-90). Det blev et tema for 1800-tallet at sammenkoble den teoretiske og praktiske videnskab tættere og tættere, at få videnskab og teknologi til at gå hånd i hånd, ja næsten smelte sammen.

Revolution!

I 1789 starter Den Franske Revolution. I England starter lidt senere den industrielle revolution. I Amerika oprettes en republik baseret på oplysningstidens politiske idealer. Hurtigt efter erobrer Napoleon Bonaparte (1769-1821) store dele af Europa, og en helt ny europæisk situation udvikler sig. Samtidig sker der en række afgørende videnskabelige og tekniske nyskabelser. Englænderen John Dalton (1766-1844) formulerer en kemisk atomteori, der forsøger at redegøre for en række nyobserverede fænomener. Han antager, at al materie består af atomer, der være sig fast, flydende eller luftformig, og at materien derudover består af en række forskellige grundstoffer, der kan reagere kemisk med hinanden. Hvert grundstof består af atomer af en bestemt slags. Den eneste afgørende forskel imellem dem er deres vægt. Det lykkes at bestemme grundstoffernes indbyrdes vægtforhold, og i begyndelsen af 1800-tallet at gøre sig begrundede forestillinger om, hvor mange atomer der f.eks. er i et givet rumfang af en luftart. Udviklingen af den fysiske og kemiske atomteori er sat i gang. Det sker i øvrigt på baggrund af en interessant diskussion om, hvad kemiske sammenhænge egentlig er.

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