

Termodynamikken

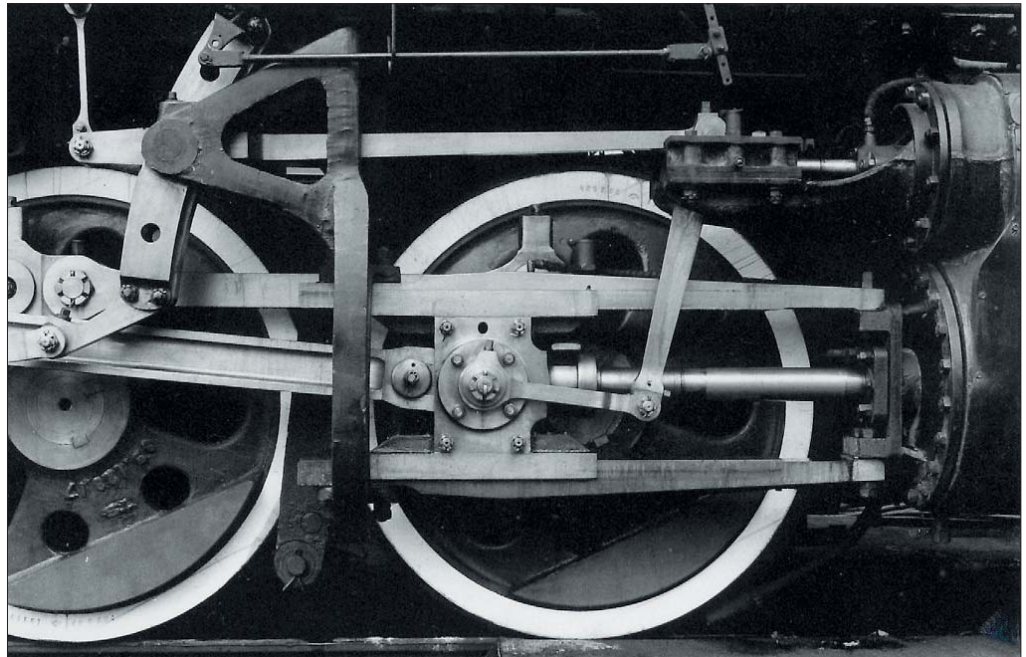
Termodynamikken – eller varmelæren – udgør grundlaget for de tekniske videnskaber, og dermed for en række tekniske udviklinger af stor historisk betydning. Samtidig skaber termodynamikken en vigtig forbindelse mellem fysikken og naturhistorien.

Af Jens Morten Hansen

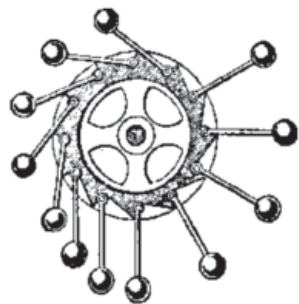
■ Under den industrielle revolution i 1800-tallet blev man i ingeniørvidenskaberne klar over, at maskiner i realiteten ikke forbruger energi, men omdanner energi fra en tilstand til en anden tilstand. Når f.eks. en dampmaskine virker på basis af brændende kul omdannes den tilgængelig energi (kullet kemiske energi) til henholdsvis *arbejde* (det ønskede resultat) og *utilgængelig energi* (i form af spildvarme). Man opdagede også, at der altid vil være en vis "produktion" af utilgængelig energi, uanset hvor snedigt en maskine er indrettet.

Dette forhold mellem produktion af tilgængelig og utilgængelig energi kaldte kaldte den tyske fysiker og matematiker Rudolf Clausius (1822-1888) for *entropi* – et græsk ord, der beskriver energiens "indadvending" eller "utilgængelighed" ved at blive anvendt. Energien forsvinder altså ikke ved at blive omsat, men får en anden tilstand – bliver til varme i maskinens forskellige dele, hvorfra den bortledes til omgivelserne. Man indså også, at energiomsætningen i både maskiner og alle naturens systemer til syvende og sidst vil føre til, at al energi ender som varme. Universet i sin helhed går derfor uafvendeligt mod "varmedøden".

Dette er grundlaget for den



Maskiner forbruger ikke energi, men omdanner energi fra en tilstand til en anden. Denne og andre erkendelser inden for det område, der kaldes termodynamikken, udgør det videnskabelige grundlag for teknikken.



De utallige forsøg på at konstruere en evighedsmaskine, er en umulighed ifølge termodynamikkens 2. hovedsætning.

såkaldte 2. hovedsætning, der siger, at i et lukket system vil entropien altid vokse. Af samme grund er evighedsmaskiner en umulighed. Der vil altid være et varmetab, og enhver maskine skal derfor have tilført tilgængelig energi for at kunne virke.

Teknikken bliver grundvidenskab

I 1800-tallets sidste del, skete der store fremskridt med at forstå "energisætningerne", der indtil da kun havde været kvali-

tativt formulerede. Den østrigske fysiker Ludwig Boltzmanns (1844-1906) erkendelse i 1877 af det statistisk-matematiske grundlag for entropibegrebet forklarede også kvantitativt den franske matematiker og ingeniør Sadi Carnots (1796-1832) simple lære om tilgængelig og utilgængelig energi fra 1820'erne. Med Boltzmanns formel for, hvordan entropien altid vokser i et lukket system fik de tekniske videnskaber en helt ny forståelse af kemiske



Når man betragter skyer over havet er det en illustration af, at vandet fordamper i et termodynamisk kaos, men også at dampen stiger til vejrs, fortætter og danner en ny orden (skyen), der endog kan regne på havet igen.

Boltzmanns formel

Boltzmanns formel, $S = k \log W$, siger at entropien i et lukket system (S) er proportional med logaritmen til antallet af mulige "komplexioner" (W), dvs. antallet af måder, hvorpå f.eks. molekylerne i en gas eller i en væske kan være fordelt på, hvis man forestiller sig det lukkede system er inddelt i en række tænkte celler, som molekylerne kan bevæge sig frit ind og ud ad. Det bemærkelsesværdige er, at jo større antallet af molekyler er, desto større er sandsynligheden for, at molekylerne vil fordele sig jævnt med tiden.

Boltzmann formel viste på rent matematisk/statistisk grundlag, at 2. hovedsætning er rigtig, dvs. at ethvert lukket system, der ikke tilføres tilgængelig energi udefra, vil "stræbe" mod kontrastløshed, strukturløshed eller jævnhed (dvs. entropi eller kaos) som en uafvendelig virkning af tidens gang og de enkelte molekylers bevægelser.

Termodynamikkens 1. hovedsætning:

Mængden af energi i et lukket system er konstant.

Termodynamikkens 2. hovedsætning:

Energis utilgængelighed i et lukket system kan kun vokse.

processer og maskiner – og ikke mindst fik 2. hovedsætning et videnskabeligt grundlag. Det skete sideløbende med, at den amerikanske matematiker og fysiker Willard Gibbs (1839-1903) skabte et videnskabeligt grundlag for den første hovedsætning, der siger, at energien i et lukket system er konstant.

Hermed fik de tekniske videnskaber sit første egentlige grundlag. Teknikken kunne nu også opfattes som en grundvidenskabelig disciplin og ikke "kun" som en nyttiggørelse af naturvidenskaben.

Teknisk set

Termodynamikken er særlig vigtig, fordi den giver svar på hvilken tilstand, det materiale og den energi, der tilføres et teknisk system, skal have for at kunne give et bestemt resultat.

For at kunne regulere f.eks. et procesanlæg er det afgørende at kunne beregne om anlægget vil have en nettoproduktion af varme i forhold til tilstanden af energiindholdet i de materialer og energiformer, der strømmer gennem det.

Den tekniske omsætning af materialer og energi i motorer, maskiner, procesanlæg, gærings-tanke, smelteovne osv. går helt grundlæggende ud på skabe enten højere eller lavere orden i det råstof eller andet materiale, der kommer gennem anlægget. Hvis det produkt, der skal komme ud af det, skal være mere ordnet, end det materiale, der puttes ind i anlægget, skal anlægget samtidig tilføres ordnet dvs. tilgængelig energi. Den spildenergi, der kommer ud af anlægget, vil til gengæld blive mindre ordnet (dvs. mere kao-

tisk eller utilgængelig).

Man kan sige, at maskiner, procesanlæg osv. dybest set har til opgave at "flytte" orden eller kaos til det ønskede produkt fra de anvendte råmaterialer eller energikilder. Skal produktet f.eks. have en højere grad af orden eller differentiering end råstoffet, vil maskinen eller procesanlægget samtidig producere varme (kaos), og maskinen skal derfor have tilført "ordnet" energi (f.eks. kemisk energi). Det sker f.eks. i et fryseanlæg, hvor vand (dvs. kaotisk ordnede vandmolekyler) skal omdannes til is (velordnede iskrystaller). Det kan kun lade sig gøre ved at "flytte" den orden, der er i energikilden, over til vandet/iskrystallerne – men med den uundgåelige "bivirkning" at fryseren samtidig producerer varme i omgivelserne.

Det modsatte vil være tilfældet i f.eks. en varmepumpe, der skal "flytte" varme fra omgivelserne til et hus. Det svarer til en "omvendt fryser", hvor den producerede varme (kaos) spærres inde i huset i stedet for – som i fryseren – at det er den producerede kulde (orden), der bliver spærret inde.

Biologisk set

Forskellen på planter og dyr kan – termodynamisk set – beskrives på de samme to måder. Planter bliver så at sige aldrig færdig med at vokse. De opbygger derfor til stadighed orden (blade, grene, celler, kemiske forbindel-

ser osv.). Det gør de ved at indfange velordnet energi i form af bestemte bølglængder af solens lys og "flytte" denne orden til komplekse forbindelser af det kulstof, vand og næringssalt, som planterne optager fra luften og grundvandet. Herved er der naturligvis også et vist varmetab, men nettoresultatet er, at planter opbygger mere orden og tilgængelig energi i planten selv, end de producerer varme i omgivelserne. Et dyr derimod skal indtage mere ordnet materiale og tilgængelig energi (f.eks. planter) end de producerer (f.eks. i form af vækst og "arbejde"). De har derfor en nettoproduktion af varme (kaos), som de eksporterer til omgivelserne.

Man kan sige, at dyrene lever på planternes "nåde", inden universet går "varmedødt"! Dyrene derimod skaber mere kaos end orden, og de kan derfor ikke eksistere uden planterne.

Filosofisk set

Termodynamikken har stor betydning for vores forståelse af begrebet tid. Termodynamikkens 2. hovedsætning er dybest set det eneste område i fysikken, der forklarer, hvorfor tiden kun kan gå én vej. I alle andre fysiske formler, hvori tiden indgår, er tiden blot en måleparameter, der ikke tager stilling til, hvilken vej tiden går. I fysikken er tiden normalt blot en varighed, der måles lige godt fra et begyndelsestidspunkt som fra et

sluttidspunkt, mens tiden i termodynamikken er en betydning i slægt med begreberne alder, udvikling og umuligheden af at gøre det skete usket.

Dette illustreres ofte med en krukke, der tabes på gulvet og smadres, så skårene flyver til alle sider. Det modsatte kan ikke lade sig gøre. En bunke skår kan ikke tabes på gulvet, og så blive til en hel krukke. Tværtimod vil skårene blive yderligere smadret. *Entropien* – og dermed tiden – kan kun vokse. Eller sagt på en anden måde: Udviklingen kan ikke spoles tilbage, fordi udviklingen og tiden har retning.

Den konkrete formulering af fysikkens øvrige love, hvori tiden blot indgår som en varighed og ikke som en betydning, ville svare til, at forløbet optages på film, og at det er ligegyldigt, om filmen vises forlæns eller baglæns. Men sådan fungerer naturen "naturligvis" ikke. Der er forskel mellem på den ene side film og formler og på den anden side udvikling og virkelighed.

Store naturlige systemer som f.eks. evolutionsbiologien og pladetektonikken, der ikke kan betragtes som lukkede systemer, forudsætter begrebet udvikling og derfor, at tiden har retning. Naturens udvikling kan ikke ruller tilbage og give det samme resultat, som var en gang. Naturens udvikling kan ikke forstås gennem fysikkens love, uden at termodynamikken skaber forbindelse. ■

Om forfatteren



Jens Morten Hansen er lic. scient., statsgeolog og adjungeret professor i naturfilosofi ved Københavns Universitet. Telefon: 3814 2793 E-mail: jmh@geus.dk

Videre læsning:

Rifkin, Jeremy (og Ted Howard): *Entropi - et nyt verdensbillede*. Borgens Forlag 1983. 334 sider.

Hansen, Jens Morten: *Stregen i sandt, bølgen på vandet*. Forlaget Fremad 2000. 440 sider.

www.entropylaw.com

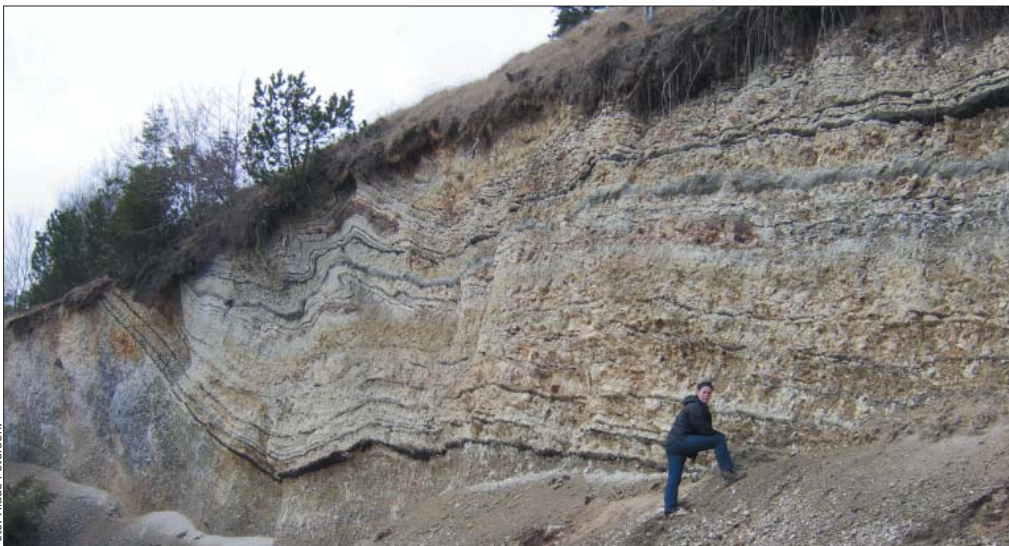


Foto: Klaus Petersen.

Et geologisk profil med moler og mørke askelag fra Fur. Naturens udvikling – som den f.eks. kan aflæses i kronologien i de geologiske lag – kan ikke forstås gennem fysikkens love uden at termodynamikken skaber forbindelsen. Den 2. hovedsætning er nemlig det eneste område i fysikken, der forklarer, hvorfor tiden kun kan gå i én retning.