

Energidebatten beror på en misforståelse

Af Klaus Illum, civilingeniør, lektor ved Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Ålborg Universitetscenter

De energibalance-regnskaber, der danner grundlag for den politiske vurdering af energiproblematikken, kan ikke afsløre, hvor de egentlige tab foregår. Politikerne bør være klare over det moralske ansvar, de påtager sig ved at befordre teknologiske løsninger, der ligger langt fra det resource-økonomisk optimale, blot fordi de giver nogle organisationer i samfundet en penge-økonomisk gevinst på kort sigt.

Historien har vist mange eksempler på, at en teknologi kan udvikle sig uden at det videnskabelige grundlag for virkningen af de konstruktio-ner, den benytter sig af, er afklaret og formuleret. Oldtidens og middelalderens mægtige bygværker blev byg-

for forklaring af magnetis-

men. Det i nyere tid mest stor-slåede og epokegørende ek-sampel på en teknologisk ud-vikling, der blev gennemført af praktiske mænd uden videnskabelige hæmminger, er måske opfindelsen og udbred-elsen af Newcomen-maski-nen, opfundet i 1712 af jern-warehandleren Thomas New-comen i Dartmouth, England. Newcomen-maskinen, der især var egnet til at drive pumper til lænsning af mine-gange, var baseret på den praktiske erfaring, at vands specifikke volumen formind-

skes drastisk under faseover-gangen fra gasstilstanden til flydende tilstand. Man kan derfor opnå en arbejdsydelse ved at lade vanddamp, der er indesluttet i en cylinder med et bevægeligt stempel, kon-densere, idet atmosfærens tryk på stemplet da yder et at-bejde som kan udnyttes.

Det skal ikke her diskuteres hvorvidt Newcomens idé be-roede på den nye viden om atmosfæren som et begræn-sat luftlag, der fremkom i slut-ningen af 1600-tallet, bl.a. ved Haley's og Pascal's arbejder. Men det er værd at bemærke, at de på den tid eksisterende tilfælde til en videnskabelig teori om varmens natur ikke kunne bidrage til en kvantitativ, tek-nisk-videnskabelig analyse og beskrivelse af Newcomen-maskinens funktion.

Uvidenskabelig kalorieteori

I datidens videnskabelige forestillingsverden var varme- og ildfænomener nøje knytte-de til hinanden, og man søgte at bestemme varme som en substans, noget stoffigt, der kunne overføres fra et legeme til et andet. En central idé i denne forestillingsverden, var

— som konsekvens af den

substantielle varme-teori — at varme bevares: mængden af varme er altid den samme, men varmen kan overgå fra det ene legeme til det andet. Gennem sine kemiske studier af forbrændingsprocesser præciserede Lavoisier i slut-ningen af 1700-tallet dette var-mebegreb i kalorieteorien, læren om »varmens materie«. Kalorieteorien er utilstrække-lig, fordi den ikke kan gøre rede for samspillet mellem varme og arbejde og derfor ikke kan bidrage til en konsi-stent teori om varmemaski-ner. Alligevel er denne teori blevet overleveret gennem to århundreder, så den uanset den afklaring af varmemaski- nenes teori, der skete i mid-ten af 1800-tallet, stadig udgør bevidsthedsgrundlaget for vore dages energidebat. Ikke kun i den populære diskus-sion, men også for profesio-nelle udredninger.

Som det vil blive vist i det følgende opererer man i nu-tidens energi-politiske debat med et metafysisk energibe-greb, hvis oprindelse kan

føres tilbage til 1600-tallet, som blev endeligt formuleret i 1700-tallet, og hvis utilstræk- kelighed eller falsifikation blev afklaret for mere end hundrede år siden.

Det er interessant at iagttage hvordan Newcomen-maski- nen gennem Joseph Black's introduktion af begrebet spe-cifik varme og James Watt's eksperimenter og opfindelse af den separate kondensator blev udviklet til den klassiske dampmaskine — uden at der fandtes nogen konsistent videnskabelig teori for kvanti-tativ analyse af denne var-memaskine.

Det er tankevækkende, at den teknologiske udvikling vi- se sig at være en nødvendig forløber for en ny videnskabe- lig teori-bygning: termodyna- mikken. Det er overraskende, at den høvudvundne teknolo- giske praksis for konstruktion og økonomisk vurdering af energi-omsætningsystemer fortsat bygger på en primitiv bålteknologi og et uviden- skabeligt, kalorimetrisk ener- gi-begreb. Denne udvikling

fortiars måske bedst derved, at der ikke hidtil og næppe heller nu har været et afgørende pengeøkonomisk incitament til at udvikle ressourceløse økonomiske energiomkostningsteknologier.

Banebrydende ideer

Tre banebrydende ideer skulle vise sig at være nødvendige forudsaetninger for udviklingen af en konsistent lære om arbejde og varme først Sadi Carnot's teori (1824) om den evne grænse for varmemaskinens tætmaksimumeffektivitet; dernæst Robert Mayer's og von Helmholtz' formulering af den generelle energi-begreb og dermed termodynamikkens 1. hovedsætning (1840-50); og endelig R.J. Clausius' formulering af entropi-begreb og termodynamikkens 2. hovedsætning (ca. 1850).

Den ideelle, reversible varmemaskine er det centrale begreb i Carnot's teori og i den deraf følgende udlædning af entropi-begrebet og af det termodynamiske temperaturbegreb. Men disse teoretiske begreb kunne næppe være opstået, hvis ikke den praktiske teknologiske forvejen havde udviklet en funktionsdygtig varmemaskine.

Selvom termodynamikken således er en teori, der er direkte udsprunget af menneskeskabte teknologier og som ved at udstille grænserne for det opnåelige giver os et rationelt grundlag for effektivitetsvurderinger af alternative konstruktioner, er denne teori fundamentale lære sådigt blevet udbredt udover sin egen, specialiserede faggrænser.

Kun den del, der består af 1. hovedsætning (energiprisetningen) er blevet alment udbredt — og endda i en misforstået fortolkning, der lærer tilbage til den kalorimetri, som

termodynamikken gjorde op med.

Der er ikke i denne artikel plads til at udråde termodynamikkens begreber, men i det vedføjede appendix er det forsøgt at give et kortfattet resumé af nogle hovedpunkter i en konsistent termodynamik teori.

Hvis vi imidlertid antager, at energi-begrebet er blevet rigtigt opfattet, kan nogle få simple eksempler vise, at det er ualltrækkeligt til analyse af de problemer energi-debat-ten handler om.

Betragt et system, der repræsenterer en luftfyldt beholder, der er isoleret fra omverden. Beholderen er delt i en diabetisk (varmeløsende) tilstand 1, et system i indre uligevægt, fordi temperaturerne i de to kamre er forskellige.

Efter nogen tids forløb når systemet tilstand 2, hvor temperaturforskellen er udlignet. Da systemet er lukket og isoleret fra det omverden er dets energi uændret under dets tilstandsændring.

Det er således udelukket, at man på grundlag af energi-begrebet alene kan udtale noget kvalitativt eller kvantitativt udsagn om tilstandsændringen.

At det ene deleysystems (varm) indre energi er blevet formindsket medens energien af det andet er blevet forøget siger helt om det samlede system egenkarakter her og efter tilstandsændringen.

Det er også umuligt alene ud fra en energi-betragtning at udtale de nødvendige omkostninger, der må påføres systemets omverden, hvis temperaturudligningen ønskes opnået på trods af de to deleysystems varmekonduktionsvirkning gennem den diabetiske væg (hvis f.eks. det ene kammer repræsenterer et kaleskabs indre og det andet

Sammenblanding af energi-begreber

For at forstå den misforståelse, der er infiltreret i nutidens energetiske metalysik, er det nødvendigt at gøre sig klart, at der er tale om en sammenblanding af to forskellige energi-begreber: det oprindelige, intuitive energi-begreb og fysikkens (termodynamikkens) energi-begreb.

Ordet energi har en oprindelig, metalysisk betydning i menneskets opfattelse og bevidsthed af det fysiske univers. Etymologien i har fundet ordets oprindelse i det indoeuropæiske ord 'sværge', der i græsk sprog blev til 'ergon' og i germanisk til 'werk'. I moderne engelsk, tysk og dansk genfinder vi ordet som 'sværge', 'sværk' og 'sværk'. I græsk sprog blev ordstammen tilføjet prefix 'en-' og ordene 'energetikos' (virksom) og 'energeia' (virkningskraft) fremkom.

I den nyere tids filosofi har Herbert Spencer (1820-1903) indført energi, som den vægende kraft, som det grundlæggende metalysiske begreb i fortolkningen af virkeligheden. Derved overvandt han den klassiske materialistiske, der betragtede stoffet (materien) som virkelighedens substans, og foretog på det metalysiske plan Einstein's relatione a = mc², der i moderne tid har fået praktisk relevans i udnyttelsen af atomspaltningsprocesser.

Det er i denne oprindelige betydning af virkekraft og vægende kraft, at ordet 'energi' bliver brugt i vores daglige dagligprog: at være energisk, at være ledet med energi, at komponere sin energi. Først i de senere år er ordet blevet alment udbredt i den politiske og den populære teknologiske jargon, især i konnotationerne 'energi-politik', 'energi-forbrug', 'energi-besparelse' og 'energi-forsyning'.

Bemærk at der imidlertid er tale om en sammenblanding af det oprindelige energi-begreb

og fysikkens energi-begreb, der i modsætning til det oprindelige ikke almindeligvis har betydning af bevægelse. Virkekraft og bevægelse er kraft opbrug og må tilstedelighed fornyes i fysikken, der er energi tilstandsfunktion, hvis værdi er konstant for et isoleret system. Når vandet er styrt ned over vandfaldet og bliver optaget i den langsomt strømende flod, er dets energi forløst som bevægelse kraft, gået tabt, medens dets energi i fysikkens forstand er uændret. Stant omsat fra belliggenhed energi til indre energi, der viser sig i en temperaturforøgelse.

Når der opfattes energi-begrebet som vægende kraft, er det indflyede brændsel plus den tilføjede energi er lig energi-tallet til atmosfæren, når systemets tilstand er stabiliseret og der ses bort fra stråling og energi, der transporteres i materiale-strømme gennem systemet.

Hvis energi opfattes som vægende kraft eller virkekraft, er det indflyede brændsel, at f.eks. energi-tallet fra et husrum til atmosfæren, der står ved en lille temperaturdifferens, er langt mindre end det energi-tal, der står ved en temperaturdifferens på grundlæggende ca. 90°C til ca. 170°C, hvilket vand opvarmes til ca. 60°C. I oliefyldt motor, vægende kraft (arbejde), medens den bevægelse, der mistes ved energi-tallet fra husrummet til atmosfæren er ubetydelig.

Når ordet 'energi' opfattes i dets oprindelige betydning, er det således åbenbart, at energi-tallet i oliefyldt er

stor, medens energi-tallet fra husrummet til atmosfæren er lille — et forhold, der ikke kan komme til udtryk ved opstilling af et energibalance-regnskab, hvor energien måles i henhold til fysikkens definition. Når et energi omsættes til rumvarme er det endnu tydeligere, at der herved sker et energi-tab — i oprindelig betydning — der er langt større end tabet fra rummet til atmosfæren: den elektriske varmemaskine, en elektromotor, en elektrisk proces osv., medens rumvarmen stort set er uden bevægelse kraft.

Da vi under alle omstændigheder ønsker at opretholde en temperaturdifferens mellem husrum og atmosfære, ville disse lagtagelser af energi-tab være uden praktisk relevans, hvis det ikke var muligt at opretholde denne differens ved en indsat af energi (bevægelse kraft), der svarer til tabet.

Det er imidlertid muligt, og derfor er det relevant at måle effektiviteten af et energiomkostnings system ved forholdet mellem de tab af ener-

gi, der nødvendigvis sker for et system beholder sig i en ustabilt tilstand, og den indsat af energi der foretages for at opretholde den ustabilt tilstand, — energi her forstået som bevægelse kraft.

Alle disse mindre energi-balance-regnskaber på grundlag af fysikkens energi-begreb har faktisk lagt til grund for næsten alle de analyser, der har dannet grundlag for den politiske vurdering af energiprobellerne, selvom disse regnskaber ikke kan afgøre hvor de egentlige tab foregår.

Fri energi

Ordene 'energi-besparelse', 'energi-forbrug', 'energi-forsyning' har en god og umiddelbar mening,

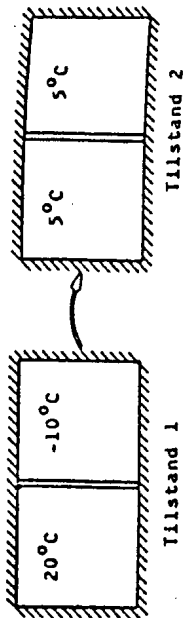


Fig. 1

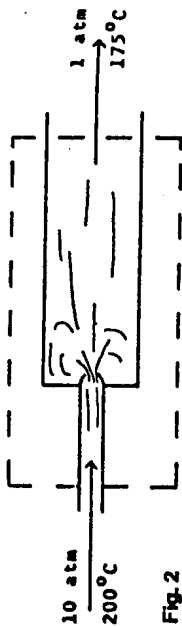


Fig. 2

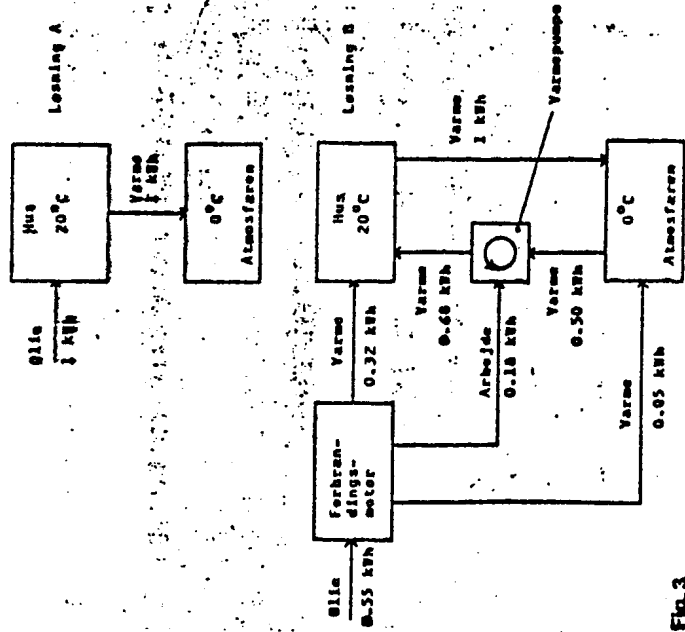


Fig. 3

når vi bibeholder den oprindelige betydning af ordet »energi«. Så skal vi imidlertid ikke måle energi som den i fysikken definerede størrelse, men bruge et mål, der er et udtryk for den bevægende kraft vi intuitivt og i praksis tillægger brændselmaterier og systemer, der befinder sig i uligevægtstilstande. Dette er naturligvis også er-

kendt af fysikere, der beskæftiger sig med termodynamisk effektivitets-analyse af energiomsætningsystemer. F. eks. udtales det fra en konference om energi-analyse (1), at ... *where the object of the energy analysis is to demonstrate how much the global store of energy is being depleted in making a good or service, Free Energy (G) is the relevant physical measure.*

Et systems fri energi (G) Gibb's fri energi) er netop et mål for dets energi i dets oprindelige betydning. Et andet mål er systemets exergi (available work) der bl.a. er indført i de (2) og (3) beskrivne metoder til effektivitets-analyse.

Termodynamiske konstruktioner har i almindelighed til formål at opretholde en tilstand ved uligevægt i et sammentæt system over et vist tidsrum. Et systems evne til at opretholde en uligevægtstilstand beror på delsystemernes evne til at vekselsvirke med hinanden, evt. ved hjælp af cykliske varmepumper.

En elementær, generel termodynamisk teori må derfor beskæftige sig med generelle udsagn om et systems evne til at vekselsvirke med dets om-

verden, udtrykt ved dets tilstandsfunktioner: energi, exergi (available work), entropi, enthalpi og fri energi. Da enhver ønsket energiomsætning indenfor et system i praksis kan opnås ved at lade systemet arbejds-vekselsvirke med dets omverden, er et systems evne til at yde arbejde til andre systemer et udtryk for dets værdi som termodynamisk drivkraft. Tilstandsfunktionen exergi, der direkte udtrykker den øvre grænse for systemets arbejdsydelses-

rolle i den termodynamiske analyse.

Det er selvfølgelig ikke nødvendigt at belære ingeniører, der beskæftiger sig med konstruktion af termodynamiske maskiner, om disse kendtgørminger. Men det kan vise sig at være ulykksaligt, at de professionelle eksperter forholder befolkningen og dens politiske beslutningstagere en relevant forståelse af de begrebsdannelser, der knytter sig til energi-problematik.

Der er åbenbart store pengeøkonomiske interesser involveret i el-markedets udbygning ved bl.a. en større udbredelse af el-modstandsovervåring. Og rentabiliteten af naturgas-indføringen er åbenbart væsentligt afhængig af, at gassen bliver brændt af en fart ved at bruge den til bål-opvarmning af bygninger.

Men politikerne bør være klare over det moralske ansvar for fremtidens ressource-problematik og miljø-problemer, de påtager sig ved at befordre teknologiske løsninger, der ligger langt fra det ressourceøkonomisk optimale, blot fordi de giver nogle organisatoriske løsninger i samfundet en pengeøkonomisk gevinst på kort sigt.

Litteraturreferencer

- (1): Energy Analysis Workshop on Methodology and Conventions. IFIAS, Stockholm, 1974.
- (2): Efficient use of Energy. American Institute of Physics, AIP Proceedings No. 25, N.Y. 1975.
- (3): Evaluation of the Theoretical Potential for Energy Conservation in Seven Basic Industries. Federal Energy Administration, report No. FEAD-75/CE1, 1975.

Hovedpunkter i termodynamisk teori

Kortfattet resumé af termodynamiske begreber og sætninger.

Arbejde: en vekselvirkning mellem et system og dets omverden, der kan bevirke, at et lod i omverdenen bevæges i lodret retning i tyngdefeltet.

Første hovedsætning: Når et systems tilstand ændres, medens systemet kun arbejdsvekselvirker med dets omverden, da er tilstandsændringen fuldstændigt bestemt ved størrelsen af det arbejde (positivt eller negativt), som systemet har tilført omverdenen. Ændringen i systemets energi under en sådan proces defineres som arbejds størrelse. Herved er tilstandsfunktionen energi defineret.

Anden hovedsætning: Et system kan fra en vilkårlig tilstand overgå til en stabil ligevægtstilstand, uden at der derved sker blivende ændringer i dets omverden.

Varme: en vekselvirkning, der kan foregå mellem to systemer, der begge befinder sig i stabile tilstande. (Arbejdsvekselvirkning mellem dem er udelukket, når begge systemer befinder sig i stabile tilstande). **Varme er altså noget der sker, ikke noget der er.**

Arbejde, varme og energi: Når et system over et vist tidsrum arbejds- og/eller varmevekselvirker med dets omverden, er ændringen i dets energi i dette tidsrum lig varmevekselvirkningen fra omverdenen til systemet minus det af systemet ydede arbejde til omverdenen.

Exergi: Den øvre grænse for den arbejdsydesevne, der kan opnås ved at et system, der er i uligevægt med dets omverden (f.eks. med atmosfæren) bringes i ligevægt med omverdenen. **Fri energi er exergi under specielle forudsætninger. Exergi-tab kan fortolkes som tab af tidligere opbyggede uligevægtstilstande, og som en omkostning, der er nødvendig for at opbygge eller opretholde ønskede uligevægtstilstande andre steder i universet.** F.eks. kan vi ved at nedbryde kemisk bundet uligevægt i olie eller kul vedligeholde en temperatur-uligevægt mellem husrum og udeluft.

K.I.