

CARNOT, ADIEU!

deur

Prof. J.P. Botha



PUBLIKASIES VAN DIE UNIVERSITEIT VAN PRETORIA
NUWE REEKS NR. 116—1976

Hierdie publikasie en die publikasies wat agter in hierdie publikasie vermeld word, is verkrygbaar by:

VAN SCHAIK'S BOEKHANDEL (EDMS) BPK
BURNETTSTRAAT 1096
HATFIELD 0083

CARNOT, ADIEU!

deur

Prof. J.P. Botha

Intreerede gelewer op 30 September 1976 by die aanvaarding van die profesoraat in die Departement Bedryfsingenieurswese.

ISBN 0 86979 016 1

Prys: R1,20



**PUBLIKASIES VAN DIE UNIVERSITEIT VAN PRETORIA
NUWE REEKS NR. 116—1976**

Meneer die Vise-kanselier, meneer die Dekaan van die Fakulteit Ingenieurswese, geagte kollegas, geagte dames en here.

Ek sal later waarskynlik verantwoording moet doen vir die feit dat ek 'n rekord gaan slaan met die kortste intreerede wat ooit gelewer is, en nog verder oor die aangryp van die geleentheid om 'n uittrêrede by geleentheid van 'n *intrede* te lewer — sodoende seker ook die eerste "double feature".

Ek het my strategie vir hierdie geleentheid só beplan: ten aanvang 'n beleidsverklaring oor die leeropdrag wat ek ontvang het — dit gaan ek doen deur vir u kortliks te sê wat ek verstaan die leeropdrag is; wat die inhoud is van die opleiding wat in my Departement gegee word, en hoe die pad se lyn vorentoe waarskynlik gaan wees.

Ter verdere inligting moet ek verduidelik hoe ek in hierdie leerstoel beland het. Ek het hierin gekom deur 'n ander een in die Departement Meganiese en Bedryfsingenieurswese te ontruim. Hierdie verhuising was nie sonder huiwer nie; dit is egter agter die rug en 'n voldonge feit. My werk in die voormalige gesamentlike Departement Meganiese en Bedryfsingenieurswese was verdeel tussen die onderwys van termodinamika (hittewerktuigkunde) en produksie-beplanning en -beheer. Ek vind dit van pas dat ek hierdie geleentheid aangryp om by 'n soort afskeid my steeds groeiende bewondering in die openbaar te betuig vir enkele grotes se werk in die wetenskapsveld waarin mens as akademikus die eerste skredes gegee het en die opwinding van wetenskaplike denke beleef het. Ek gaan dit probeer doen deur die groot Franse fisikus Sadi Carnot se bydrae tot die wetenskapsveld van die termodinamika uit te wys as die grondslag van die wetenskapsvoortgang wat die ontploffing van die tegnologie in die Twintigste Eeu moontlik gemaak het. Ek gaan ook kortliks aantoon dat die Tweede Wet van die klassieke Termodinamika wat op die Carnot-beginsel berus, deur sommige wetenskaplikes verkeerd geïnterpreteer word wanneer dit voorgelou word as bewys dat die lewensproses die totale orde in die universum laat toeneem en nie 'n entropieskeppende aktiwiteit is nie.

My leeropdrag nou is die bedryfsingenieurswese. Die onafhanklike Departement Bedryfsingenieurswese het aan die begin van 1975 tot stand gekom en is die enigste onafhanklike departement waarin daar in Suid-Afrika voorgraadse opleiding in bedryfsingenieurswese gegee word.

In die Engelssprekende wêreld word daar in Engeland opleiding in "Production Engineering" aangebied en in die VSA opleiding in "Industrial Engineering". Production Engineering het hom tradisioneel besig gehou met die praktiese probleme van die meganiese vervaardigingsproses in die industrie. Industrial Engineering, daarenteen, het hom analities besig gehou met die

man-masjien-sisteem. In hierdie sisteem is daar soms geen man nie en soms geen masjien nie. Die opleiding in bedryfsingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria is 'n opleiding in Industrial Engineering — geskoei op die VSA-lees.

Die eerste erkende bedryfsingenieur was Adam Smith, die Skotse ekonoom wat *The Wealth of Nations* in 1776 geskryf het, waarin hy op die voordele van arbeidsverdeling gewys het. Daarna volg die Engelse wiskundige Charles Babbage met sy werk *On the Economy of Machinery and Manufactures* in 1832. Die uitstaande baanbreker was ongetwyfeld Frederick W. Taylor.¹⁾ Ten einde die omvang van die prestasie van Taylor ten volle te verstaan, moet begryp word dat hy 'n vindingryke begaafde was in 'n bestuursklimaat waarin algehele apatie en ook starre tradisies geheers het. In hierdie stadiese omgewing het Taylor 'n getygolf in beweging gesit wat 'n verandering in bestuursfilosofie laat ontstaan het wat groot organisasies soos 'n aardbewing getref het. Sy werk het direk gelei tot die ontstaan van metode-ingenieurswese en werkmeting, die terrein van personeelbestuur met tegnieke van keuring en vervanging tesame met die organisatoriese funksie van industriële verhoudings, en ook tot 'n nuwe soort arbeidsverdeling.

Die ontwikkeling van die bedryfsingenieurswese in die periode na Taylor was stadig. Toepaslike kennis en gereedskap was nog nie beskikbaar nie. Metings in produksiesisteme het groot variasies getoon. Daar is gevra watter uitset kon van 'n sisteem verwag word. Uitset hang af van die kombinasie man—masjien. Maar selfs vir 'n gegewe man en taak kan daar groot wisselings van uur tot uur, dag tot dag, ens. verwag word.

Ten einde so 'n sisteem te beskryf, het ons kennis van waarskynlikheidsrekenere en statistiese metodes nodig. Vir baie jare is gepoog om sulke probleme te benader deur die uitset van 'n man—masjien-sisteem weer te gee deur 'n enkele getal, soos dit gebruiklik was in die meeste ingenieursprobleme; hierdie metode het egter eenvoudig nie die situasie gepas nie. Op die terreine van meganiese, elektriese en chemiese ingenieurswese was die spreiding in metings klein en het die deterministiese modelle redelik goeie resultate gelewer. In die produksieprobleme was spreiding 'n *eienskap*. Vandag, met die algemene kennis van statistiek en waarskynlikheidsrekenere, is ons modelle van sisteme nader aan die werklikheid.

'n Ander faktor wat ontwikkeling vertraag het, was die kompleksiteit van die grootskaalprobleme. Dit het voorgekom asof alle veranderlikes volledig onafhanklik was. Dit was klaarblyklik dat wiskundige tegnieke nodig was, maar dit was nie dáár om die soort oplossing te gee wat nodig was nie. Selfs

1) TAYLOR, F.W. 1919. *Principles of Scientific Management*. Harper and Brothers, New York.

indien dit sou bestaan, sou die tyd wat dit sou verg om oplossings te ontwikkel in mens-leeftyte gemeet moes word.

Moderne hoëspoedsyferrekenaars was nodig, maar nog nie beskikbaar nie. 'n Poging tot wiskundige analise is in 1915 deur F.W. Harris gemaak, toe hy die eerste model vir 'n ekonomiese lotgrootte vir 'n eenvoudige situasie ontwikkel het.

Die huidige snelle ontwikkeling in die aktiwiteite van die bedryfsingenieurswese is voorafgegaan deur twee belangrike gebeurtenisse in die dertigerjare: Walter Shewhart se ontwikkeling en toepassing van statistiese kwaliteitsbeheer in die industrie (1931) en Tippett se ontwikkeling van werksteekproefneming (1934).

Die huidige tempo van ontwikkeling in die bedryfsingenieurswese het kort na die Tweede Wêreldoorlog begin. Navorsing in die oorlogsaktiwiteite van die weermagte het gelei tot nuwe wiskundige en rekenegnieke en ook tot die toepassing van ou tegnieke op oorlogsprobleme. Daar is skielik besef dat oorlogsprobleme verband hou met bedryfsprobleme, sodat die benaderings tot oorlogsprobleme begin deursypel het na bedryfsprobleme. Een beduidende ontwikkeling was die instelling van lineêre programmering. Hier, uiteindelik, was 'n basiese wiskundige stuk gereedskap waarmee die grootskaalse komplekse probleme van skedulering en toedeling van die beperkte bronne van 'n produksiesisteen hanteer kon word. Belangriker nog was die ontwikkeling van die hoëspoedrekenaar, waardeur grootskaalse lineêre programmeringsprobleme opgelos kon word. Lineêre programmering sonder rekenaars sou slegs 'n beperkte toepassingsveld hê.

Die ander wiskundige benaderings wat ontwikkel is, is toustaanteorie, wat toepassing vind in die produksielyn, masjieninstandhouding, ens.; realistiese voorraadmodelle, wat onsekerheid van aanvraag en ander toestande insluit; modelle vir vervanging, instandhouding, ens.

Die syferrekenaar het na vore getree as 'n magtige stuk gereedskap, nie slegs as instrument wat vervelige en langdradige berekenings uitvoer nie, maar ook as een waarmee produksiesisteme wat redelik realisties is, *gesimuleer* kan word. Wanneer 'n komplekse sisteem op 'n rekenaar gesimuleer word, kan die effek van alternatiewe voorstelle vinnig en sonder veel koste en tyd bepaal word sonder om die alternatief in die praktyk op die proef te stel.

Op die breë terrein van die bedryfsingenieurswese is daar ook gedurende die Tweede Wêreldoorlog en daarna groot vordering gemaak in wat "mensingenieurswese" genoem kan word. Op hierdie terrein word menslike faktore, of biotegnologie, gebruik om die basiese gegewens vir die taakontwerp te

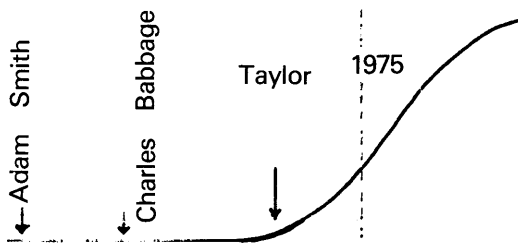
voorsien. Dit het voorgevloei uit bewegingstudie.

Daar het twee eeue verloop sedert Adam Smith. Die lewe van die gemiddelde mens is verander vanaf 'n blote bestaan tot 'n lewenstandaard waarvan Smith nie kon droom nie. Die aanvanklike ontwikkeling was gebaseer op empiriese gelewens.

Deur die jare is ons geleer om beter werktoestande, beter materiaalhanteringstoerusting en beter geboue te ontwerp. Daar is lopendebandproduksie ingestel en outomatiese masjiene is ontwerp en gebou. Die basiese beginsels van produksie-ekonomie is geleer, en op grond daarvan is ons geleer om arbeid, materiaal en masjiene te gebruik in 'n delikate ewewig om aan te pas by die veranderende relatiewe waardes van hierdie basiese komponente van produksie. Daar is geleer om die produksiesisteme wat ontwerp is, te beheer sodat produkte of dienste aan kwaliteitstandaarde kon voldoen en beskikbaar sou wees wanneer dit verlang word teen 'n koste wat redelik voorspelbaar is. Meeste van hierdie ontwikkelings was evolusionêr. In die jongste twee dekades is daar eers begin met die ontginning van beginsels wat dit moontlik maak om fasiliteite en beheerstelsels te ontwerp met 'n mate van voorspelbaarheid oor hulle vertoning.

Vandag word daar antwoorde ontwikkel vir probleme van beperkte omvang in die wete dat die resultaat die bes moontlike is; dit wil sê die resultaat is 'n optimum resultaat en nie slegs beter as die vorige oplossing nie. Dit is ware vooruitgang en dit dui daarop dat die toegepaste wetenskap wat Taylor begin het, besig is om te ontwikkel.

Daar kan beweer word dat ons in die bedryfsingenieurswese op die drumpel van 'n snelontwikkelende fase staan. Elwood S. Buffa¹⁾ van die Universiteit van California vergelyk die ontwikkeling van hierdie wetenskapsveld met die groei- en versadigingskromme, waarin die aanvanklike ontwikkeling stadig en moeilik is. Soos dinge in hulle voeë val, versnel die groeitempo en vlak dit later weer af as versadiging bereik word. Hy plaas ons nou hier —



1) BUFFA, Elwood S. 1971. *Basic Production Management*, John Wiley & Sons, Inc., p.11.

Vir die uitvoering van die gestelde taak van die bedryfsingenieur in die S.A. industrie word daar in die laaste twee jaar van die vierjarige opleiding onderig gegee in die volgende vakke:

Arbeidswerktoe, Materiaalkunde, Operasionele Navorsing, Materiaalhantering-sisteme, Industriedinamika, Werkstudie, Produksiebeplanning en -Beheer, Betroubaarheidskunde, en buite die Fakulteit as hulpwetenskappe: Bedryfs-ekonomie, Rekeningkunde, Arbeidsreg en Bedryfsielkunde.

Dit is ons voorneme om in die middel van die pad voort te gaan — nie te swaar oor te hel na die produksieproses, wat 'n deel is van die meganiese ingenieurswese nie, nie te swaar oor te hel na die bedryfseconomie nie, en ook nie na die derde kontakvlak, die *Arbeidswissenschaft* met sy elemente van bedryfsielkunde en bedryfsfisiologie nie.

Ons is tevrede met ons produk, maar die volume is te klein as daar gekyk word na die byna grenslose aanvraag daarvoor op die hele terrein van die S.A. huishouding. (Die hoeveelheidsprobleem moet ons nog oplos!)

En nou kom ek by my uittreerede.

Beethoven, Napoleon, Goethe en Carnot is die gevierde vier, die heel grootstes van hulle tyd — elkeen het op sy besondere gebied van die grootste prestasies van die mens se gees gelewer. In dieselfde jaar as wat die Negende Simfonie vir die eerste keer in Wenen in die openbaar gespeel is, verskyn daar in Parys 'n 118-bladsye-boek van 'n onbekende Nicolas Léonard Sadi Carnot, met die titel "Gedagtes oor die drywing van vuur en oor masjiene wat ontwerp is om dié drywing te ontwikkel".¹⁾

Hierdie merkwaardige publikasie is egter vir meer as 150 jaar, tot onlangs toe, in sommige aspekte nie korrek geïnterpreteer nie.

Die konflagrasie wat die essensie van hierdie werk later in die menslike wetenskaplike denke sou meebring, word vir my treffend gesimboliseer in die gedig van N.P. van Wyk Louw:

Die Beiteljie

*Ek kry 'n klein klein beiteljie
ek tik hom en hy klink;
toe slyp ek en ek slyp hom
totdat hy klink en blink.*

*Ek sit 'n klippie op 'n rots:
— 'n mens moet jou vergewis
'n beitel moet kan klip breek
as hy 'n beitel is —*

*ek slaat hom met my beiteljie
en dié was sterk genoeg
daar spring die klippie stukkend
so skoon soos langs 'n voeg:*

*toe, onder my tien vingers bars
die grys rots middeldeur
en langs my voete voel ek
die sagte aarde skeur,*

1) Reflexions Sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres a Developper cette Puissance.

*die donker naat loop deur my land
en kloof hom wortel toe —
só moet 'n beitel slaan
wat beitel is, of hoé?*

*Dan, met twee goue afgronde
val die planeet aan twee
en oor die kranse, kokend,
verdwyn die vlak groen see*

*en op die dag sien ek die nag
daar anderkant gaan oop
met 'n bars wat van my beitel af
dwarsdeur die sterre loop.*

As ek woordkunstenaar was, sou ek so 'n gedig oor Carnot moés skryf; ek leen dit nou vir dieselfde doel, omdat die beitelpunt van sy geniale insig dwarsdeur die sterre loop. Die groot wetenskaplike deurbraak in die ontwikkeling van die teorie van hitte-enjins het in 1824 begin met die verskyning van hierdie beroemde gedenkskrif. By die aanvanklike verskyning daarvan het dit feitlik geen aandag getrek nie en dit het vir 25 jaar onopgemerk gebly — vandag word dit erken en gelyk gestel met die grootste van die wetenskaplike klassieke werke en Carnot se naam is verewig in die geskiedenis van die mensdom.

Onwillekeurig vra 'n mens waarom die wetenskaplike wêreld nie vroeër hierdie groot bydrae erken en verstaan het nie — was dit omdat hy 'n jong onbekende fisikus was; omdat hy maar slegs drie-en-twintig jaar oud was; omdat hy agt jaar na die verskyning tragies gesterf het nog voordat hy sy teorieë volledig kon verdedig? Kommunikasie was moeilik en die uitruiling van wetenskaplike literatuur het feitlik nie bestaan nie. Buitendien het niemanc destyds verwag dat 'n beduidende bydrae tot die hitte-enjinteorie uit Parys sou kom nie — Engeland was die bakermat van die stoomenjinontwikkeling en wás dit al vir 'n eeu lank. Só het dit dan geskied dat vyf-en-twintig jaar verloop het voordat die vooraanstaande fisikus lord Kelvin, Carnot herontdek het en saam met die Duitse fisikus Rudolf Clausius die geskifte geskryf het wat die klassieke termodinamika dâárgestel het.

En van die klassieke termodinamika het Einstein geskryf: ¹⁾ "A theory is the more impressive the greater the simplicity of its premises, the more different kinds of things it relates, and the more extended is its area of applicability.

1) EINSTEIN, A. 1951. Autobiographical Notes, in P.A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein: Philosopher Scientist*, Tudor Publishing Co. New York.

Therefore the deep impression which classical thermodynamics made upon me. It is the only physical theory of universal content which I am convinced that, within the framework of the applicability of its basic concepts, it will never be overthrown."

In 1824 het daar 'n diskontinuiteit gekom in die ontwikkeling van die tegnieke waardeur die mens die ontsaglike hoeveelhede energie in die aardkors tot sy voordeel kon aanwend.

Die mens is vir die les van sy dors na meganiese energie vandag vir meer as 90 persent afhanklik van termiese energie wat hy in meganiese energie omvorm en uit die aard van die saak is daar groot belangstelling in die effektiwiteit van die omvorming van termiese energie in meganiese energie. Die fossiel-brandstowwe (steenkool, olie en gas) word verbrand en termiese energie verskyn, maar die mens se oorheersende behoefte aan energie is in die vorm van meganiese energie.

Hierdie wetenskapsterrein, die termodinamika, is skaars 150 jaar oud en dit is verstommend dat wetenskaplike kennis vóóruit kon gaan vanaf Galileo na Descartes en vanaf Descartes na sir Isaac Newton sonder kennis van die beginsel van die behoud van energie, en ook dat die meeste vooraanstaande wetenskaplikes tot die helfte van die 19de eeu nog geglo het dat hitte 'n materiële stof was wat uit materie gepers kon word.

En toe het daar in die middel van die 19de eeu onder 'n klein groepie wiskundiges en eksperimentele fisici 'n briljante uitbarsting van skeppende aktiwiteit plaasgevind — 'n verskynsel wat baie selde in so 'n groot mate nog voorgekom het. Dis toe dat die teorie van hitte, arbeid en energie geformuleer is op die grondslae van die Eerste en Tweede Wette van die Termodinamika en dat die deurbraak gekom het wat daartoe sou lei dat die mens die beskikbare termiese energie tot fenomenale voordeel vir homself kon aanwend.

Die feit dat hitte en arbeid manifestasies van dieselfde ding, naamlik energie is, is volgens die literatuur deur James P. Joule aangetoon. Dit het stelselmatig duidelik geword dat hitte-energie en werkenergie elk in die ander omvorm kan word, maar dat energie nooit geskep of vernietig kan word nie.

Maar die merkwaardigste hipotese het te voorskyn gekom toe daar bewys is dat die besondere omvorming van hitte in arbeid uniek is, in dié sin dat dit nooit volledig kan wees nie — slegs 'n sekere maksimum persentasie van enige hoeveelheid hitte-energie kan in die praktyk in werk omvorm word, alhoewel werk volledig in hitte omvorm kan word.

Die omvorming van termiese energie, wat ons uit fossielbrandstof verkry, in

meganiese werk is 'n alledaagsheid. Die volwasse mens kan ongeveer 30 watt drywing aanhoudend verrig — dit is 60 kW.h per jaar as hy 8 uur per dag vir 240 dae per jaar werk. Teen Pretoria se elektrisiteitstariewe is dit R1 vir 'n jaar se arbeid.

In 'n moderne westerse nywerheid het die aanwending van die natuurbronne van energie ons werkerskorps met meer as 'n faktor 250 vermenigvuldig — ons huishoudings het met die moderne hulpmiddels die ekwivalent van 'n werkerskorps van 40 mense, en die groot motorvoertuig verteenwoordig die drywing van 3 000 mans.

Hierdie dinge is direk moontlik gemaak deur die bydraes van die wetenskap van die termodinamika. En Leonard Sadi Carnot, die jong Franse fisikus en kanonnier, moet uitgesonder word as dié persoon wie se bydrae tot die ontwikkeling van hierdie wetenskap gelyk staan met die grootste van die wetenskaplike werke van alle tye.

Nicolas Léonard Sadi Carnot is op 1 Junie 1796 in Parys gebore. Hy was 'n sensitiewe kind wat reeds vroeg in sy lewe aanleg vir meganika, fisika en wiskunde getoon het. Sy vader was die gesiene Franse generaal Lazare Nicolas Marguerite Carnot en dit was hy wat die wetenskaprigting vir Sadi se onderwys bepaal het. Gedurende dié tyd was die Franse onderwysinrigtings in 'n warboel. Die Franse Revolusie was pas verby en die Napoleoniese oorloë het reeds begin. Die tegniese skole wat siviele en militêre ingenieurs vir die staat opgelei het, was gedisorganiseer, en dit het gelei tot die ontstaan van die Ecole Polytechnique. Die doel daarvan was om ingenieurs op te lei vir beide openbare en private aktiwiteit, en dit het in 'n kort tydjie een van die mees vooraanstaande skole van dié tyd geword. Op die personeel was daar Lagrange en Laplace in wiskunde, Prony in meganika, asook ander vooraanstaande wetenskaplikes. Die standaard is gehandhaaf deur die beperking van die aantal studente met behulp van toelatingseksamens, waarin 'n hoë standaard gestel is.

Carnot het hom vir hierdie skool voorberei en is in 1812 op sestienjarige ouderdom toegelaat. Sy vordering was vinnig en hy het met onderskeiding geslaag. Daarna volg 'n onderbreekte militêre loopbaan, met ondervinding ook in die industrie waar hy bekend geraak het met die stoomenjin, waarvan hy die ekonomiese potensialiteit in die industrie dadelik besef het.

Carnot was getref deur die gebrek aan teorie en die algehele verlatings van empiriese metodes waarvolgens die stoomenjin ontwerp is. Met sonderlinge insig besluit hy: "As die kuns om beweegkrag uit hitte te verkry, verhef moet word tot die status van 'n wetenskap, moet die hele verskynsel in die wydste sin bestudeer word sonder enige verwysing na 'n sekere enjin, masjien

of werkvloeiër.¹¹

Die laaste dertien jaar van sy kort lewe is gewy aan die verheffing van hierdie kuns tot 'n wetenskap. Sy groot geskrif is in 1819 geskryf, maar dit is eers in 1824 vir publikasie aangeneem.

Baie outeurs en kommentators vind dit jammer dat sy geskrif geskryf is met die veronderstelling dat die warmtestofteorie geldig was.

In sy beskrywing en verduideliking van die ideale Carnot-enjin maak Carnot gebruik van drie terme: *feu*, *chaleur* en *calorique*. Met *feu* het hy vuur of vlam bedoel en as die woord só vertaal word, kan daar geen misverstand wees nie. Carnot het geen formele definisies vir *chaleur* en *calorique* gegee nie, maar in 'n voetskrif het hy aangedui dat dit dieselfde betekenis het. As beide woorde as *termiese energie* (hitte) vertaal word, dan was Carnot se redenasie in stryd met die Eerste Wet van Termodinamika. Daar is egter niteenstaande hierdie ongelukkige voetskrif, sekere getuienis dat Carnot nie één en diéselnde ding met *chaleur* en *calorique* bedoel het nie. Carnot gebruik *chaleur* wanneer hy na hitte in die algemeen verwys, maar wanneer hy verwys na die beweegkrag van hitte, wat veroorsaak word wanneer hitte toetree by 'n hoë temperatuur en uittree by 'n lae temperatuur, gebruik hy die uitdrukking *chute de calorique*, en nooit *chute de chaleur* nie. Dit is die oortuiging van 'n aantal termodinamici, waaronder Zemansky, dat Carnot in werklikheid hier die begrip *entropie* in gedagte gehad het waarvoor hy die term *calorique* gereserveer het. Dit wil aanvanklik as inlegkunde voorkom, maar dit is verstommend dat as die uitdrukking "*Chute de calorique*" vertaal word met "*daling in entropie*", baie van die besware teen Carnot se werk, wat deur Kelvin en Clausius geopper is, verval.

Uit ander geskrifte is dit vandag ook seker dat hy ernstige twyfel gehad het oor die geldigheid van die warmtestofteorie en dat hy op die punt gestaan het om sy gewig in te gooi by die klein skaar fisici wat hardkoppig volgehou het dat hitte 'n sekere vorm van beweging, of dinamika van materie, is.

Geleidelik is bewyse versamel wat daarop gedui het dat hitte en werk op 'n sekere wyse verwant was, en Carnot het 'n reeks eksperimente ontwerp om vas te stel of die verrigting van 'n hoeveelheid werk en die ontstaan van hitte altyd in 'n vaste verhouding bestaan. Indien hy in staat sou gewees het om met sy werk voort te gaan, sou hy waarskynlik baie vroeër lig kon werp op die gelykwaardigheid van hitte en werk en die behoud van energie. Gedurende sy herstel van longontsteking, sterf hy op 24 Augustus 1832 op die ouderdom van ses-en-dertig jaar op sy tuisdorp aan cholera.

In die inleiding van sy epiese gedenkskrif, skryf hy met profetiese voorspel-

ling oor die toekoms van die hitte-enjin:

“...as dié enjin eendag sover ontwikkel is dat dit teen lae koste gebou kan word, en van brandstof voorsien kan word, sal dit ’n kombinasie wees van alle gewenste kwaliteite en sal dit aan die industriële kunste ’n veldwydte bied waarvan die omvang skaars voorspel kan word. Dit is nie bloot die geval dat ’n magtige en gerieflike enjin aangeskaf kan word wat orals vervoer kan word en wat die plek sal inneem van enjins wat alreeds in gebruik is nie, maar dat dit snelle uitbreiding van die kunste waarin dit aangewend word tot gevolg sal hê; dit kan selfs totaal nûwe kunste tot stand bring.”

Carnot was geïnteresseerd in die destydse stoomenjins, wat hoofsaaklik gebruik is vir die pomp van water uit steenkoolmyne. Die begrip termiese benuttigingsgraad was onbekend en die groot probleem was net om te probeer om meer steenkool uit die myn te kry as wat die stoomenjin vir sy werking verbruik het. Die vrae wat hom besig sou hou, was: Hoeveel dryfkrag kan van hitte verkry word deur middel van ’n enjin wat aanhoudend ’n reeks prosesse herhaal (m.a.w. volgens ’n kringloop werk)? is die benuttigingsgraad beperk, en indien wel, hoe is dit beperk; is daar ander werkvloeiërs wat beter sou wees as stoom vir die ontwikkeling van drywing uit hitte?

Verder het Carnot tot die gevolgtrekking gekom dat as werk uit hitte-energie ontwikkel moes word, ’n werkvloeiër (soos stoom of lug) toegelaat moet word om hitte-energie beide te ontvang en af te gee gedurende ’n reeks prosesse wat tesaam ’n kringloop vorm. En dan maak hy ’n fundamentele aanname: Wanneer ’n sisteem ’n verandering of veranderings ondergaan en uiteindelik weer terugkeer na die aanvanklike toestand, soos beskryf deur sy eienskappe, besit dit dieselfde hoeveelheid energie as wat dit aanvanklik besit het!

In die tipe enjin wat Carnot beskou het, kon hitte-energie klaarblyklik alleen beweegkrag of meganiese energie laat ontstaan deur veranderings in volume wat plaasvind deur opeenvolgende verhitting en verkoeling van ’n sisteem. Dit behels die bestaan van ’n warm en koue liggaam — ’n bron waaruit hitte-energie ontvang kan word en ’n ontvanger waaraan hitte-energie afgegee kan word. Orals waar daar tussen sisteme ’n temperatuurverskil bestaan, is dit moontlik om arbeid uit hitte-energie te verkry. Die produksie van arbeid uit hitte is nie slegs ’n saak van die verbruik van hitte nie, maar vereis altyd die oordrag van termiese energie vanaf ’n sekere temperatuur na ’n laer temperatuur.

Wat is nou die besondere voorwaardes waardeur ons in staat sal wees om die verskil in temperatuur op die voordeligste te gebruik, en hoeveel dryfkrag kan uit ’n sekere hoeveelheid warmte-energie verkry word met ’n gegewe

verskil in temperatuur?

Carnot het hierdie vrae beantwoord deur 'n briljante voorbeeld van abstrakte denke: Hy het ingesien dat temperatuur hier van die grootste belang was en hy het gebruik gemaak van die vrugbare wyse van redenasie deur analogie. Dit was bekend dat water wat van een vlak na 'n laer vlak vloei, werk kon verrig wat tóéneem met 'n toename in die verskil in hoogte. Was dit dalk nie ook so gesteld met termiese energie nie? Die temperatuur waarby die energie voorsien word, stem ooreen met die hoër vlak en die temperatuur waarby die energie afgegee word, stem dan ooreen met die hoogte van die laer vlak.

Ten einde die maksimum werkuitset te verkry, is dit nodig dat prosesse gebruik moet word waarin daar geen direkte uitruiling van termiese energie tussen liggame by verskillende temperature moet wees nie. Die direkte oordrag van termiese energie deur geleiding of straling tussen twee liggame by verskillende temperature is ekwivalent aan 'n vermorsing van 'n verskil in temperatuur wat gebruik kon word vir die produksie van drywing. En só het die Carnot-kringloop vir die omvorming van termiese energie in meganiese energie tot stand gekom.

Die Carnot-beginsel sê dat die maksimum hoeveelheid werk wat deur enige enjin verrig kan word en wat werk tussen 'n gegewe hoëtemperatuurbron en laetemperatuurbron, die hoeveelheid werk is wat gelewer sou word deur 'n omkeerbare enjin wat tussen hierdie selfde twee temperatuurperke werk. Of anders gestel: Die benuttigingsgraad van 'n perfek-omkeerbare enjin is die maksimum wat moontlik is en dit is alleenlik afhanklik van die temperatuurverskil van die bronne waartussen dit werk. Ek wil die hoofinhoud van Carnot se bydrae dan kortliks soos volg saamvat.

1. Daarstelling van die begrip van die hitte-enjin as 'n aanhoudende kringloop waarin werk gelewer word, hitte toegevoeg word en hitte afgegee word.
2. Daarstelling van die begrip van die volmaaktheid van die omkeerbare kringloop.
3. Besef dat die fundamentele maatstaf van die benuttigingsgraad die verskil is tussen die temperatuur waarby die enjin hitte ontvang en die temperatuur waarby dit hitte afgee.

Daar kan gevra word hoe dit moontlik was dat Carnot die totale benuttigingsgraad van stoomenjins kon bepaal indien dit waar was dat die meganiese ekwivalent van termiese energie eers agtien jaar na sy publikasie (Mayer, 1842) ontdek is.

In der waarheid was dit Carnot self wat nie slegs eerste die meganiese ekwivalent van hitte bereken het nie maar ook die wet van die behoud van energie geformuleer het. Hy het dit onmiddellik vir ingenieursdoeleindes toegepas. Eerstens het hy die meganiese ekwivalent van die verhittingswaarde van steenkool bereken. "Here is the moving power of one kilogram of coal" (p.115).

In sy aangehaalde voorbeelde van destydse stoomenjins sê hy:

"A 10 hp engine which consumes less than 26 kg of coal per hour is rarely seen" (p.116). Op hierdie basis bereken hy die totale benuttigingsgraad: ".....derhalwe word slegs een twintigste van die dryfkrag gebruik" (p.117).

Carnot se waarde van die meganiese ekwivalent van hitte is ietwat hoog (560 instelle van 427 kgm/kcal) maar in 'n ander manuskrip wat verskyn het na sy 1824-gekrif, in 1832, noem hy 370 kgm/kcal.

Die eerste skrywers oor die wet van die behoud van energie was graaf Rumford en Davy (1798). Hulle het wel die verwantskap tussen hitte en arbeid bewys, maar kon nie die eweredigheidsfaktor bereken nie. Carnot het beide gedoen; dog toe sy boek verskyn, het niemand daarvan kennis geneem nie.

So het dit dan gekom dat die finale uitspraak daarvoor toegeskryf word aan Mayer (1842) en Joule (1843). Mayer het sy eerste artikel reeds in 1841 geskryf en dit aan Poggendorf *Annale* gestuur, maar dit is weggewys. Dit was vir hom 'n gelukkige gebeurtenis omdat die geskrif ernstige foute bevat het. Sy daaropvolgende werk, 1842, is 'n glashelder stelling van dieselfde wet, soos volg deur Carnot en Mayer gestel:

".....the moving power is an invariable quantity in nature; it can never be, properly speaking, either produced or destroyed (Carnot 1824—32).

".....eine einmal vorhandene Kraft kann aber nicht zu Null werden, sondern nur in eine andere Form übergehen" (Mayer, p.236).

Enige hitte-enjin of kringloop wat termiese energie in enige gedeelte van die kringloop gebruik by 'n temperatuur laer as dié van die hittebron, vermors 'n gedeelte van die meganiese energie wat uit daardie termiese energie verkry sou kon word. En presies op dieselfde wyse: Wanneer die termiese energie wat die enjin *moet* afgee aan die laetemperatuurontvanger, afgegee word by 'n temperatuur hoër as wat nodig is, resulteer dit ook in 'n verlies. Sadi Carnot het dit met groot duidelikheid ingesien en sy klassieke omkeerbare

Carnot-enjin-kringloop hierop gebaseer. Dit bestaan uit twee isotermiese en twee omkeerbare adiabatiese of isentropiese prosesse. Die Carnot-kringloop se daarstelling was die heuristiese stap in die evolusie van die Tweede Wet.

Na Carnot se dood is die vooruitgang op hierdie gebied baie gestrem a.g.v. die feit dat die enigma van hitte, werk en energie nie opgelos was nie. Joule moes die intellektuele elite van destyds met oorweldigende getuienis oorreed, en saam met William Thomson, later lord Kelvin, het hy Carnot in 1849 herontdek. Maar selfs in 1849 het Thomson nog sy werk op die warmte-stofteorie van hitte gebaseer en hy kon toe ook nog nie Carnot se werk versoen met die resultate van Joule nie.

En toe verskyn daar in Mei 1850 'n artikel van Rudolf Clausius in die Duitse Tydskrif: *Poggendorff's Annalen* onder die Titel: *Oor die beweegkrag van hitte en die Wette van Warmte-energie wat daarvan afgelei kan word.* Ook dit het 'n klassieke geskrif geword. Clausius sê o.a. hierin dat sy teorie nie in stryd is met die werklike beginsel van Carnot nie, maar wel met die byvoeging: "geen hitte gaan verlore nie". Clausius beweer dan dat 'n sekere gedeelte van die termiese energie wat na die enjin toegevoer word, in meganiese energie omvorm word en die res word oorgedra na die lae-temperatuurontvanger.

Hy stel dit: "Dit is onmoontlik vir 'n selfwerkende masjien wat nie deur enige eksterne invloed gehelp word nie om termiese energie van 'n bron by 'n sekere temperatuur oor te dra na 'n bron by 'n hoër temperatuur." Dit is dan die Clausius-formulering van die Tweede Wet van die Termodinamika. Dit klink miskien na 'n antiklimaks na al die voorbereiding hiervoor; dit mag so wees, maar die volle implikasie en konsekwensies van dié stelling word aanvanklik nie besef nie. En as dit gestel word dat die volgende formulering identies is aan die Clausius-formulering, kan enigsins besef word hoe wyd die implikasies van die skynbaar eenvoudige stelling is.

Dit is onmoontlik om 'n enjin te konstrueer wat in 'n volledige kringloop werk en geen ander effek teweegbring as die oplig van 'n gewig en uitruiling van termiese energie met 'n enkele bron nie.

Die Tweede Wet van die Termodinamika het baie interessante gevolge. Indien enigeen van die afleidings uit die Tweede Wet as onwaar bewys kan word, sou dié bewys kon geld as 'n bewys dat die Tweede Wet self onwaar is. Daar is egter geen enkele geval waargeneem waar die Tweede Wet, of enigeen van sy gevolge, in die natuur oortree is nie en daarom word die Tweede Wet beskou as een van die natuurwette waaroor die mens miskien die sekerste is.

Die Eerste Wet beweer slegs dat hitte en werk onderling uitruilbaar is; die

een in die ander omvorm kan word. Die Tweede Wet, daarenteen, beweer dat volledige omvorming van die een energievorm in die ander alleen in één rigting moontlik is, naamlik van werk na hitte.

Clausius het in 1865 'n merkwaardige bydrae tot die wetenskap van die termodinamika gemaak deur die ontdekking van 'n *eienskap* wat termiese energie met temperatuur verbind. Hierdie eienskap het hy later entropie genoem, na aanleiding van die Griekse woord *επιφορμή*, wat transformasie beteken.

Veronderstel 'n sisteem word na sy huidige toestand gebring vanaf 'n toestand waarby die temperatuur die absolute nulpunt van temperatuur is, op so 'n wyse dat daar 'n gedefinieerde temperatuur is waarby elke termiese energie-eenheid toegevoeg word. As ons dan elke hitte-eenheid wat toegevoeg word, deel deur die temperatuur waarby dit toegevoeg is, is die som van hierdie kwosiente die entropie van die sisteem in daardie toestand

Wiskundig dus:
$$S = \int_0^f \frac{dQ_R}{T}$$

Die *eienskap* entropie dien ook 'n belangrike doel as maatstaf van die onomkeerbaarheid van 'n proses. Dit is bekend dat die entropie van 'n *afgeslote* sisteem wat 'n proses ondergaan, toeneem of hoogstens konstant bly indien die proses omkeerbaar is. Aangesien daar in die natuur geen enkele proses is wat in die volle sin van die woord omkeerbaar is nie, sal die entropie in 'n volledig afgeslote sisteem altyd toeneem wanneer daar 'n proses in die sisteem plaasvind.

Ons kan nou die begrip entropie gebruik om die Tweede Wet van die Termodinamika te herformuleer: geen proses is moontlik wat sal resulteer in 'n afname van die entropie van 'n geïsoleerde sisteem nie.

Clausius het die betekenis van die Beginsel van die Toename van Entropie, die degradasie van energie, lank oordink en hierdie saak verder uitgebrei om nie alleen ons wêreld en sonnestelsel in te sluit nie, maar die hele heelal. Sy gevolgtrekking was dat die energie van die heelal konstant is, maar dat die entropie van die heelal steeds toeneem omdat daar in die heelal fisiese prosesse plaasvind wat onomkeerbaar is. Sodoende het hy tot die skrikwekkende gevolgtrekking gekom dat die heelal besig is om in een rigting af te loop, dat alles besig is om gelyk en uitgevlak te raak, dat dit eindag leweloos sal wees by die maksimum entropie — dit is die termiese dood van die heelal.

$\frac{ds}{dt}$ is groter as of gelyk aan nul

Dit is 'n matematiese stelling van die Tweede Wet van die Termodinamika.

Indien ek 'n volledig afgeslote sisteem beskou en ek meet die entropie van die sisteem op twee verskillende tydskope en daar is 'n verskil in die entropie-waardes op die twee verskillende tydskope, dan stem die kleiner entropie van die sisteem ooreen met die eerste tydskop en die groter entropie met die later tydskop. En hierdeur, sê sir Arthur Eddington, kan ons deur suiwer fisiese meting vasstel of een tydskop voor 'n *ander* tydskop gebeur het, of omgekeerd.

Fisici soek nie meer na die grense van die heelal in sy ruimtelike afmetings nie; daar word aangeneem dat die heelal van die geslote sferiese tipe is — 'n ruimte wat eindig is maar onbegrens en wat die eienskap van hertoetreding besit: indien ons in enige rigting in die ruimte beweeg, kom ons nie by die einde van die ruimte uit nie en ons kan ook nie tot in die oneindige aangaan nie; uiteindelik beland ons weer by ons beginpunt; dit is die hertoetredings-eienskap van die ruimte.

Maar wat van die tydsverloop? Eddington het dit soos volg gestel: Die heelal is in sy drie ruimtelike dimensies geslote maar in sy een tyddimensie aan beide kante oop. Ons kan vanaf *hier* in enige ruimtelike rigting beweeg en uiteindelik weer *hier* uitkom; as ons egter vanaf *nou* weg beweeg na die toekoms of die verlede, keer ons nooit weer na *nou* terug nie. En alhoewel ons vir gewone doeleindes ons bewussyn het om die rigting van die tydsverloop vir ons aan te dui, is dit die wens van die wetenskaplike om die skema van die fisiese wêreld so selfbehoudend as moontlik te maak, en daarom sou die afhanklikheid van die bewussyn van die mens — wat buite die grense van die fisika lê — om uitspraak oor die grens tussen die verlede en die hede te lewer, onduidelik wees. Indien daar geen ander maatstaf as die bewussyn van die mens was om te onderskei tussen die toekoms en die verlede nie, sou die onderskeid 'n blote subjektiewe een wees. En nou stel die Tweede Wet van die Termodinamika ons in staat om objektief die rigting van die tydsverloop vas te stel.

$$\frac{ds}{dt} \geq 0$$

Sonder om hier onnodig verdere bewyse aan te voer, meld ek dat die entropie van 'n sisteem beskou kan word as 'n maatstaf van die disorganisasie, van die chaos, in 'n sisteem. Die Tweede Wet beweer dus dat elke fisiese proses wat in 'n volledig afgeslote sisteem plaasvind, gepaard gaan met 'n toename in die chaos van daardie sisteem, of dat dit gepaard gaan met 'n afname in die orde van die sisteem. En nou is dit vir 'n afgeslote sisteem natuurlik moontlik dat die disorganisasie volledig word. Die toestand wat dan bereik word, is een van termodinamiese ewewig: die entropie het 'n maksimum konstante waarde bereik; die rigtingaanduiding van die tyd bestaan nie meer nie en sover dit dié sisteem aangaan, het die tydsverloop sy betekenis verloor.

Die eerste persoon wat begin ekstrapoleer het uit hierdie huidige stand van die universum, was Rudolph Clausius in sy voorspelling van die termiese dood van die heelal: die entropie van die heelal strewe na 'n maksimum. En Eddington vervolg: "wanneer die uiteindelijke termiese dood die heelal agterhaal, sal die tyd voortstrek tot in ewigheid, maar daar sal geen definieerbare sin daarin wees waarvan gesê kan word dat dit vóórtgaan nie. Bewussyn sal lank al reeds uit die heelal verdwyn het en wanneer die entropie nie meer kan toeneem nie, $\frac{ds}{dt}$ gelyk is aan nul, sal daar niks wees wat sal wys in die rigting van die voortgang van die tyd nie: dit is die einde van die wêreld — die één einde wat gewoonlik die énd genoem word".

Maar die aarde of die heelal moet ook 'n ander tydeinde hê — die begin. Indien ons in die teenoorgestelde rigting van die tydsverloop terug en terug beweeg, sal ons vind dat die chaos van die heelal steeds sal afneem — die organisasie neem toe. En op hierdie wyse moet ons onverbiddelek kom by 'n tydstop toe materie en energie in die heelal die maksimum moontlike organisasie besit het. Verder kan ons in die tyd nie teruggaan nie, en daarom verteenwoordig dít die ander, skielike begin van die heelal.

Die ekstrapolasie na die begin lewer baie probleme: filosofies en miskien ook teologies, net soos in 'n breëre sin die wet van die toename van entropie. Sommige het die oomblik van die minimum entropie van die heelal die oomblik van die skeppingsdaad genoem, of anders moes 'n heelal met minimum entropie spontaan begin het.

Max Planck het hierdie ekstrapolasies na die twee uiteindes van die tyd as ongevraagd en onnodig beskryf en tog is dit 'n uitdaging aan die bestaande skema van die wetenskap. Eddington sê dat hy die ekstrapolasie na die toekoms, die termiese dood van die heelal, sonder probleme kan aanvaar aangesien dit ook eklesiasties ortodoks is: "die hemel en die aarde sal verbygaan".

Die groot probleem ontstaan egter met die ekstrapolasie na die verlede. Die een alternatief, dat die universum deur God op 'n oomblik in die verlede geskep is, die naïewe teologiese leer wat in baie teksboeke van die termodinamika gevind word, is vir hom onaanneemlik; so ook is die alternatief dat God biljoene jare gelede die materiële universum opgewen het tot 'n toestand van maksimum entropie.

Ek is van mening dat geen argumente ter ondersteuning van die Christelike geloof aangevoer kan word uit die Tweede Wet van die Termodinamika nie — nie wat die begin van die aarde of die einde van die aarde aangaan nie. Die God wat deur Christene aanbid word, se skeppingsdaad is nie bewysbaar uit die natuurwette nie en die ekwivalensie van die termiese dood van die

heelal en "die hemel en die aarde sal verbygaan", is eenvoudig 'n aanname. Die bemoeiing van baie Christenapologete met die Tweede Wet van die Termodinamika, om dit as onwaar te probeer bewys of om te bewys dat dit in ooreenstemming is met die leer van Christus, dra nóg tot die natuurwetenskap nóg tot die teologiese wetenskap by — en verder bevorder dit nie die verkondiging van die Evangelie nie.

In die jare toe die Tweede Wet van die Termodinamika geformuleer is om te beweer dat die totale entropie van die heelal op enige tydstip groter is as op 'n vroeëre tydstip, is daar nog gemeen dat 'n *tydstip* 'n absolute tydskeiding was wat dwarsdeur die heelal strek. Einstein het egter hierdie absolute oomblikke laat verdwyn, maar tog skep dit geen probleem vir die Tweede Wet nie. Dit is nie nodig dat die oomblikke absoluut hoef te wees nie of dat die tyd, in $\frac{ds}{dt}$, 'n absolute tyd hoef te wees nie. Al wat ons doen, is om vir die eerste oomblik 'n arbitrêre ruimtesnit van die tydruimte te neem, en 'n ander snit wat e.g. nie sny nie vir die tweede oomblik.

Ek gaan vir u nou vier voorbeelde noem waar daar beweer word dat die Tweede Wet van die Termodinamika nie op lewende organismes van toepassing is nie:

Die eerste is dié van sir James Jeans wat in *The New Background of Science*" (1953) skryf: ".....'n wese van 'n ander universum wat ons aarde fyn dophou, mag sekere tekens waarneem wat hom kan laat wonder of daar nie lokale uitsonderings op die beginsel van die toename van entropie is nieNielewende materiaal gehoorsaam die wet implisiet; wat ons as iewe beskryf, slaag daarin om die wet in 'n mindere of meerdere mate te oortree. Dit blyk inderdaad dat dit redelik sou wees om lewe te definieer as 'n aktiwiteit wat gekenmerk word deur 'n vermoë om die Tweede Wet te oortree. Hoe hoër die tipe lewe, hoe groter is die vermoë om die Tweede Wet te oortree."

Hierdie uitsprake van Jeans kan by ons geen twyfel laat oor die bedoeling daarvan nie: die lewensproses is nie gehoorsaam aan die Tweede Wet nie; lewe is dit wat die Tweede Wet oortree.

Die tweede voorbeeld is dié van genl. J.C. Smuts wat in sy boek *Holism and Evolution* (1927) skryf: "Die Tweede Wet stel die beginsel van die universele dissipasie of degradasie van energie. Maar lewende dinge weerspreek die Tweede Wet Lewende wesens en dinge, en Evolusie in die algemeen, is dus in stryd met die stroom van natuurlike neiging soos uitgedruk in die Tweede Wet van die Termodinamika. Die sisteme van lewe en gees staan dus in stryd met beide die groot beginsels van die fisiese wetenskap." Met beide beginsels bedoel hy hier die Eerste en die Tweede Wet van die Termodinamika.

My derde voorbeeld kom uit die boek *Die Abdikasing van die Witman*. Hierin span dr. T.E.W. Schumann die klassieke Tweede Wet van die Termodinamika in om aan te toon dat die beginsel van gelykmaking op die vlak van die gees, asook op die vlak van die stoflike wêreld, in botsing staan met die beginsel van ordeskepping wat in alle lewende organismes aanwesig is.

“By die betragting van die stoflike wêreld in ons onmiddellike omgewing moet dit al dadelik duidelik wees dat indien die genoemde wet sonder enige beperking van toepassing op alle stof was, daar uit chaos slegs groter chaos kan volg; want die materiële wêreld streef immers na minder differensiasie, na minder ordelikheid. In die groeiproses van elke plant en dier sien ons egter net die teenoorgestelde plaasvind! Vandat die saad van ’n plant begin ontkiem, vind daar ’n ordelike opbouing van miljoene selletjies in baie ingewikkelde en hoog georganiseerde patrone plaas. Dit duur voort totdat die plant met sy wortelstelsel, sy stam en die beskermende bas, die takke, twygies en blare, volgroeï as lewende entiteit daar staan. Hier is daar dus nie minder ordelikheid nie, maar hier vind presies die teenoorgestelde plaas, en dis duidelik dat ’n ander beginsel op die spel kom. Dit verplig ons dus om aan die entropiewet sekere beperkings op te lê, en te aanvaar dat dit alleenlik op lewelose stof van toepassing is. Sodra ons met organismes en die organiese lewe te doen kry, is die entropiewet klaarblyklik nie meer geldig nie. Wanneer die vonk van die lewe uit plant of dier verdwyn, is dit wat oorbly slegs lewelose stof, wat aan ontbinding onderhewig is en ook onderhewig aan die entropiewet.”

Wiener skryf in *The Human use of Human beings*: “This revolution has had the effect that physics now no longer claims to deal with what will always happen, but rather with what will happen with an overwhelming probability. As entropy increases, the universe, and all closed systems in the universe, tend naturally to deteriorate and lose their distinctiveness, to move from the least to the most probable state, from a state of organization and differentiation in which distinctions and forms exist, to a state of chaos and sameness. In Gibbs’s universe, order is least probable, chaos most probable. But while the universe as a whole, if indeed there is a whole universe, tends to run down, there are local enclaves whose direction seems opposed to that of the universe at large and in which there is a limited and temporary tendency for organization to increase. Life find its home in some of these enclaves. It is with this point of view at its core, that the new science of Cybernetics began its development. If we wish to use the word “life” to cover all phenomena which locally swim upstream against the current of increasing entropy we are at liberty to do so.”

In elk van hierdie gestelde voorbeelde uit werke met goeie akademiese status word die Tweede Wet van die Termodinamika verkeerd toegepas.

Die basiese vraag ontstaan of ons die Tweede Wet van die Termodinamika kan gebruik om vas te stel of daar in enige volledig afgeslote ruimte 'n lewensproses plaasvind of nie. Smuts, Schumann, Jeans en Wiener beweer dat dit moontlik is. Hulle mistasting berus egter op hulle verontagsaming van die woorde *volledig afgeslote*. Die Tweede Wet beweer baie uitdruklik: In 'n *volledig afgeslote* sisteem is $\frac{ds}{dt} \geq 0$.

Enige natuurlike proses wat binne 'n volledig afgeslote ruimte plaasvind, gaan gepaard met 'n toename in die totale entropie in daardie volledig afgeslote ruimte. Dit wil in geen opsig beweer dat daar in hierdie sisteem gebiede mag wees waarin die chaos afneem nie, maar indien daar gebiede binne hierdie ruimte is waarin die chaos afneem, dan geskied hierdie afname in chaos ten koste van 'n grote toename in chaos in die oorblywende gedeelte van die sisteem. Ons weet dat dit wáár is vir die sogenaamde natuurlike fisiese prosesse.

Die vraag kan wel gevra word of die vrye wil van die denkende mens wel bestaan en of dit, en daarmee ook elke enkele handeling van die mens, nie die mees waarskynlike opeenvolgende toestande van sisteme is wat fisies bepaal is en onontkombaar moes plaasvind in ooreenstemming met 'n natuurwetenskaplike wetmatigheid wat ons nog net nie verstaan nie omdat volledige inligting ontbreek. Wat die antwoord hierop is, weet ek nie. Vir die tegniese termodinamika het dit in die praktyk geen konsekwensies nie. Vir die teologie en die filosofie en vir die regspraak sou dit sekerlik verreikende implikasies hê.

Daar is geen enkele eksperimentele waarneming wat daarop dui dat die lewensproses, hoe wonderbaarlik ook al in sy volle konsekwensies, nie die resultaat is van die verwagte en mees waarskynlike fisiese en chemiese prosesse onder die betrokke omstandighede nie. M.a.w. die lewensproses is in sy gang die resultaat van die mees waarskynlike toestand van die materie wat lewe, soos wat dit voorspelbaar is uit fisiese en chemiese wette onder die relevante stel omstandighede wat bestaan. Die lewensproses oortree in geen opsig die natuurwetmatighede nie.

Vir die plaasvinding van natuurlike prosesse op hierdie aarde is die mens se handelinge nie nodig nie — sonder die mens se teenwoordigheid op die aarde en in die heelal sou daar fisiese gebeurtenisse plaasvind, volledig in ooreenstemming met die natuurwette, en elke gebeurtenis sou resulteer in 'n meer waarskynlike toestand, soos gedikteer deur die Tweede Wet. Die teenwoordigheid van plantlewe in die heelal skep vir die Tweede Wet ook geen probleme nie. Maar die dier en redelike mens bring moeilike vraagstukke na vore. Die kern hiervan lê nie daarin dat die Tweede Wet oortree word nie, want die entropie in die afgeslote ruimte waarin die mens volgens vrye wil optree,

neem wel toe — die onoplosbare probleem is die voorspelling van die optrede van die vryewilmens binne daardie sisteem: Is elke proses, elke handeling, elke gebeurde die voorspelbare resultaat wat voortspruit uit die eienskappe van die makrosisteem op die vorige tydstip? Hierdie probleem is nog nie opgelos nie!

Die ordeskepping wat wel in die lewende organisme plaasvind, het sommige verlei tot die gevolgtrekking dat die lewensproses skynbaar hierdie basiese natuurwet nie gehoorsaam nie. Dit is egter nie waar nie. Dit is nie alleen nie waar i.v.m. die lewensproses nie, maar is ook nie waar i.v.m. ander prosesse wat deur die mens bewerkstellig word nie. Die mens wat groei, skep orde binne homself ten koste van groter chaos buite homself. Maar 'n verkoelingsinstallasie, 'n gewone huishoudelike yskas, doen dieselfde. Wanneer 'n yskas aangeskakel word, neem die entropie in die ruimte binne die yskas af, m.a.w. die chaos neem af en die orde neem toe. Hierdie yskas het aan orde gewen binne sy eie grense, ten koste van noodwendige groter chaos elders, in volledige ooreenstemming met die Tweede Wet van die Termodinamika. Op dieselfde wyse kan die lewende organisme die entropie binne sy eie sisteem laat afneem, die orde verhoog, alleen ten koste van groter chaos elders. Maar daar is geen bewys hoegenaamd dat die lewensproses in 'n volledig afgeslote ruimte die totale chaos in daardie ruimte kan laat afneem nie. Juis omdat die lewensproses 'n natuurlike proses in die volste sin van die woord is, laat enige lewensproses in 'n volledig afgeslote ruimte die chaos in daardie ruimte toeneem.

Die lewe gaan voort as ordeskeppende aktiwiteit in volledige ooreenstemming met die Tweede Wet van die Termodinamika —

$\frac{ds}{dt}$ steeds positief.

En van hierdie wêreld van Carnot, Kelvin & Clausius neem ek in formele verband nou afskeid. As ek daarin geslaag het om net 'n fraksie van die wêreld waarvan Einstein gesê het: "Therefore the deep impression which classical thermodynamics made upon me" vir u te ontsluit, sal ek berus by die gedagte dat ek my bewondering vir hierdie groot intellekte daardeur probeer demonstreer het.

CARNOT, ADIEU!!

★ ★ ★

PUBLIKASIES IN DIE REEKS VAN DIE UNIVERSITEIT

1. "Gids by die voorbereiding van wetenskaplike geskrifte" — Dr. P.C. Coetzee.
2. "Die Aard en Wese van Sielkundige Pedagogiek" — Prof. B.F. Nel.
3. "Die Toenemende belangrikheid van Afrika" — Adv. E.H. Louw.
4. "Op die Drumpel van die Atoomeeu" — Prof. J.H. v.d. Merwe.
5. "Livestock Philosophy" — Prof. J.C. Bonsma.
6. "The Interaction Between Environment and Heredity" — Prof. J.C. Bonsma.
7. "Verrigtinge van die eerste kongres van die Suid-Afrikaanse Genetiese Vereniging — Julie 1958".
8. "Aspekte van die Prysbeheersingspolitiek in Suid-Afrika na 1948" — Prof. H.J.J. Reynders.
9. "Suiwelbereiding as Studieveld" — Prof. S.H. Lombard.
10. "Die toepassing van fisiologie by die bestryding van Insekte" — Prof. J.J. Matthee.
11. "The Problem of Methaemoglobinaemia in man with special reference to poisoning with nitrates and nitrites in infants and children" — Prof. D.G. Steyn.
12. "The Trace Elements of the Rocks of the Bushveld Igneous Complex. Part 1" — Dr. C.J. Liebenberg.
13. "The Trace Elements of the Rocks of the Bushveld Igneous Complex. Part II. The Different Rock Types" — Dr. C.J. Liebenberg.
14. "Protective action of Fluorine on Teeth" — Prof. D.G. Steyn.
15. "A Comparison between the Petrography of South African and some other Palaeozoic Coals" — Dr. C.P. Snyman.
16. "Kleinveekunde as vakrigting aan die Universiteit van Pretoria" — Prof. D.M. Joubert.
17. "Die Bestryding van Plantsiektes" — Prof. P.M. le Roux.
18. "Kernenergie in Suid-Afrika" — Prof. A.J.A. Roux.
19. "Die soek na Kriteria" — Prof. A.P. Grové.
20. "Die Bantoetaalkunde as beskrywende Taalwetenskap" — Prof. E.B. van Wyk.
21. "Die Statistiese prosedure: teorie en praktyk" — Prof. D.J. Stoker.
22. "Die ontstaan, ontwikkeling en wese van Kaak-, Gesigs- en Mondchirurgie" — Prof. P.C. Snijman.
23. "Freedom — What for" — K.A. Schrecker.
24. "Once more — Fluoridation" — Prof. D.G. Steyn.
25. "Die Ken- en Werkwêreld van die Biblioteekkunde" — Prof. P.C. Coetzee.
26. "Instrumente en Kriteria van die Ekonomiese Politiek n.a.v. Enkele Ondervindinge van die Europese Ekonomiese Gemeenskap" — Prof. J.A. Lombard.
27. "The Trace Elements of the Rocks of the Alkali Complex at Spitskop, Sekukuniland, Eastern Transvaal" — Dr. C.J. Liebenberg.
28. "Die Inligtingsprobleem" — Prof. C.M. Kruger.
29. "Second Memorandum on the Artificial Fluoridation of Drinking Water Supplies" — Prof. D.G. Steyn.
30. "Konstituering in Teoreties-Didaktiese Perspektief" — Prof. F. van der Stoep.
31. "Die Akteur en sy Rol in sy Gemeenskap" — Prof. Anna S. Pohl.
32. "The Urbanization of the Bantu Homelands of the Transvaal" — Dr. D. Page.
33. "Die Ontwikkeling van Publieke Administrasie as Studievak en as Profesie" — Prof. J.J.N. Cloete.
34. "Duitse Letterkunde as Studievak aan die Universiteit" — Prof. J.A.E. Leue.
35. "Analitiese Chemie" — Prof. C.J. Liebenberg.
36. "Die Aktualiteitsbeginsel in die Geologiese navorsing" — Prof. D.J.L. Visser.
37. "Moses by die Brandende Braambos" — Prof. A.H. van Zyl.
38. "A Qualitative Study of the Nodulating Ability of Legume Species: List 1" — Prof. N. Grobbelaar, M.C. van Beyma en C.M. Todd.
39. "Die Messias in die saligsprekinge" — Prof. S.P.J.J van Rensburg.
40. Samevatting van Proefskrifte en Verhandeling 1963/1964.
41. "Universiteit en Musiek" — Prof. J.P. Malan.

42. "Die Studie van die Letterkunde in die Bantoetale" — Prof. P.S. Groenewald.
43. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1964/1965.
44. "Die Drama as Siening en Weergawe van die Lewe" — Prof. G. Cronjé.
45. "Die Verboude Grond in Suid-Afrika" — Prof. D.G. Haylett.
46. "'n Suid-Afrikaanse Verplegingscredo" — Prof. Charlotte Searle.
47. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1965/1966.
48. "Op Soek na Pedagogiese Kriteria" — Prof. W.A. Landman.
49. "Die Romeins-Hollandse Reg in Oënskou" — Prof. D.F. Mostert.
50. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1966/1967.
51. "Inorganic Fluoride as the cause, and in the prevention and treatment, of disease" — Prof. Douw G. Steyn.
52. "Honey as a food and in the prevention and treatment of disease" — Prof. D.G. Steyn.
53. "A check list of the vascular plants of the Kruger National Park" — Prof. H.P. van der Schijff.
54. "Aspects of Personnel Management" — Prof. F.W. Marx.
55. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1967/1968.
56. "Sport in Perspektief" — Prof. J.L. Botha.
57. "Die Huidige Stand van die Gereformeerde Teologie in Nederland en ons Verantwoordelikheid" — Prof. J.A. Heyns.
58. "Onkruid en hul beheer met klem op chemiese beheer in Suid-Afrika" — Prof. P.C. Nel.
59. "Die Verhoudingstrukture van die Pedagogiese Situasië in Psigopedagogiese Perspektief" — Prof. M.C.H. Sonnekus.
60. "Kristalhelder Water" — Prof. F.A. van Duuren.
61. "Arnold Theiler (1867—1936) — His Life and Times" — Dr. Gertrud Theiler.
62. "Dr. Hans Merensky — Mens en Voorbeeld" — Prof. P.R. Skawran.
63. "Geskiedenis as Universiteitsvak in Verhouding tot ander Vakgebiede" — Prof. F.J. du Toit Spies.
64. "Die Magistergraadstudie in Geneeskundige Praktyk (M. Prax. Med.) van die Universiteit van Pretoria" — Prof. H.P. Botha.
65. Samevatting van Proefskrifte/Verhandelinge 1968/1969.
66. "Kunskritiek" — Prof. F.G.E. Nilant.
67. "Anatomie — 'n Ontleding" — Prof. D.P. Knobel.
68. "Die Probleem van Vergelyking en Evaluering in die Pedagogiek" — Prof. F.J. Potgieter.
69. "Die Eenheid van die Wetenskappe" — Prof. P.S. Dreyer.
70. "Aspekte van die Sportfisiologie en die Sportwetenskap" — Dr. G.W. v.d. Merwe.
71. "Die rol van die Fisiologiese Wetenskappe as deel van die Veterinêre Leerplan" — Prof. W.L. Jenkins.
72. "Die rol en toekoms van Weidingkunde in Suid-Afrikaanse Ekosisteme" — Prof. J.O. Grunow.
73. "Some Problems of Space and Time" — Mnr. K.A. Schrecker.
74. "Die Boek Prediker — 'n Smartkreet om die Gevalle Mens" — Prof. J.P. Oberholzer.
75. Titels van Proefskrifte en Verhandelinge ingedien gedurende 1969/1970; 1970/1971 en 1971/1972.
76. "Die Akademiese Jeug is vir die Sielkunde meer as net 'n Akademiese Onderwerp" — Prof. D.J. Swiegers.
77. "'n Homiletiese Herwaardering van die Prediking vanuit die Gesigshoek van die Koninkryk" — Prof. J.J. de Klerk.
78. "Analise en Klassifikasie in die Vakdidaktiek" — Prof. C.J. van Dyk.
79. "Bantoereg: 'n Vakwetenskaplike Terreinverkenning" — Prof. J.M.T. Labuschagne.
80. Dosentekursus 1973 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 30 Jan.—9 Feb. 1973.
81. "Volkekunde en Ontwikkeling" — Prof. R.D. Coertze.
82. "Opleiding in Personeelbestuur in Suid-Afrika" — Prof. F.W. Marx.
83. "Bakensyfers vir Diereproduksie" — Prof. D.R. Osterhoff.
84. "Die Ontwikkeling van die Geregte Geneeskunde" — Prof. J. Studer.

85. "Die Liggaamlike Opvoedkunde: Geesteswetenskap?" — Prof. J.L. Botha.
86. Dosentekursus: 1974 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 4—7 Febr. 1974
87. "Die opleiding van die mediese student in Huisartskunde aan die Universiteit van Pretoria" — Prof. H.P. Botha.
88. "Opleiding in bedryfsekonomie in die huidige tydvak" — Prof. F.W. Marx.
89. "Swart arbeidsregtelike verhoudings, quo vadis?" — Prof. S.R. van Jaarsveld.
90. "The Clinical Psychologist: Training in South Africa. A report on a three-day invitation conference: 11—13 April 1973.
91. "Studie van die Letterkunde in die Taalonderrig" — Prof. L. Peeters.
92. "Gedagtes rondom 'n Kontemporêre Kerkgeskiedenis — met besondere verwysing na die Nederduits Gereformeerde Kerk — Prof. P.B. van der Watt.
93. "Die funksionele anatomie van die herkouermaag — vorm is gekristalliseerde funksie" — Prof. J.M.W. le Roux.
94. Dosentekursus 1975 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 27 Januarie—6 Februarie 1975.
95. "'n Nuwe benadering tot die bepaling van die koopsom in die geval van 'n oorname" — Prof. G. van N. Viljoen.
96. "Enkele aspekte in verband met die opleiding van veekundiges" — Prof. G.N. Louw.
97. "Die Soogdiernavorsingsinstituut 1966—1975".
98. "Prostetika: 'n doelgerigte benadering" — Prof. P.J. Potgieter.
99. "Inligtingsbestuur" — Prof. C.W.I. Pistorius.
100. "Is die bewaring van ons erfenis ekonomies te regverdig?" — Dr. Anton Rupert.
101. "Kaak- Gesigs- en Mondchirurgie — Verlede, Hede en Toekoms" — Prof. J.G. Duvenage.
102. "Keel-, Neus- en Oorheelkunde — Hede en Toekoms" — Prof. H. Hamersma.
103. Dosentesimposia 1975.
104. "Die Taak van die Verpleegonderwys" — Prof. W.J. Kotzé.
105. "Quo Vadis, Waterboukunde?" — Prof. J.P. Kriel.
106. "Geregtelike Geneeskunde: Die Multidissiplinêre Benadering" — Prof. J.D. Loubser.
107. "Huishoudkunde — Waarheen?" — Prof. E. Boshoff.
108. Dosentekursus 1976 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 29 Januarie — 4 Februarie 1976.
109. Tweede H.F. Verwoerd-gedenklesing gehou deur die Eerste Minister Sy Edele B.J. Vorster.
110. Titels van proefskrifte en verhandelings ingedien gedurende 1972/73; 1973/74 en 1974/75 en wetenskaplike publikasies van personeellede vir die twaalf maande eindigende op 15 November 1975.
111. "Ortodonsie — 'n Oorsig en Waardebepaling" — Prof. S.T. Zietsman.
112. "Rede gelewer by Ingebruikneming van die Nuwe Kompleks vir die Tuberkulosenavorsingseenheid van die MNR" — Prof. H.W. Snyman.
113. "Die gebruik van Proefdiere in Biomediese Navorsing, met spesiale verwysing na Eksperimentele Chirurgie" — Prof. D.G. Steyn.
114. "Die Toekoms van die Mynboubedryf in Suid-Afrika" — Prof. F.Q.P. Leiding.
115. "Van Krag tot Krag", — Dr. Anton Rupert.

