

Wiekslag en wenteling

Citation for published version (APA):

Vollenhoven, van, J. (1959). *Wiekslag en wenteling*. Wolters.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1959

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

WIEKSLAG EN WENTELING

Electrotechnische Oefeningen

„THOR“

Insulindeiaan 2 EINDHOVEN

Ir. J. VAN VOLLENHOVEN

WIEKSLAG EN WENTELING

REDE

UITGESPROKEN

BIJ DE AANVAARDING VAN

HET AMBT VAN GEWOON HOOGLERAAR

IN DE WERKTUIGBOUWKUNDE

AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN

OP VRIJDAG 4 DECEMBER 1959

DOOR

Ir. J. VAN VOLLENHOVEN

Electrotechnische
Studievereniging
"THOR"
Eindhoven giro 116376

Mijne Heren Curatoren,

Mijne Heren Leden en Adviseurs van de Senaat,

Dames en Heren Leden van de Wetenschappelijke, de Technische en de Administratieve Staf,

Dames en Heren Studenten,

en voorts

*Gij allen, die door Uw aanwezigheid van Uw belangstelling
blijk geeft,*

Zeer geachte Dames en Heren,

Het is altijd boeiend om naar de krachtige lichtbundels van een vuurtoren te kijken, zoals die ronddraaien in een donkere zomernacht.

Vooraf landinwaarts markeren ze steeds weer een paar treffende punten in het landschap: de kruin van een door de zeewind gekromde eik, een stukje gevel van een boerderij, waarbij de hoge televisie-antenne éven oplicht, en ergens verderop een wit geschilderd klaphekje boven op de kruin van een dijk.

U herkent deze zaken ondanks de korte belichting, omdat U zo ongeveer weet wat het is.

Welnu, op analoge wijze stel ik me voor hedenmiddag voor U een lichtbundel te werpen op verschillende facetten van de werktuigbouwkunde, meer in het bijzonder op het gebied van de verbrandingsmotoren, waartoe ik geroepen ben om onderwijs te geven.

Het gehele motorenland is namelijk erg groot. Als men alleen het totale aantal paardekrachten bepaalt van alle motoren die vorig jaar gemaakt zijn, komt men al ver over de miljard (of – voor de natuurkundigen en elektrotechnici onder U – op meer dan één miljoen megawatt per jaar). Met een dergelijk vermogen had men bijvoorbeeld in vijf minuten de gehele nieuwe polder „Oost-Flevoland” kunnen leegpompen.

De „vuurtorenmethode” leek daarom een goede manier om in de korte spanne tijds die mij gegeven is, dit land met U te verkennen,

temeer omdat er al prachtige wegen in zijn aangelegd door mijn collegae. Zo is de gedachtengang die mijn diepbetreurde leermeester KROON bijvoorbeeld ontwikkelde in zijn inaugurele rede getiteld „De dieselmotor en haar problemen”, mede door zijn ver vooruitziende blik heden nog even actueel als destijds, zij het dat de probleemstelling in wijdere kring bekend is geworden en verder is uitgewerkt. Bovendien biedt U de vuurtorenmethode de mogelijkheid om meer of minder onderweg te herkennen al naarmate U vertrouwd bent met het landschap waardoor onze lichtbundel zich beweegt. Een eventueel bezwaar zou kunnen zijn dat bepaalde onderwerpen niet genoeg en andere te veel licht krijgen; door de grote populariteit die dit vak geniet is echter een ieder wel bekend met het landschap als geheel.

Laten we beginnen in ons zoeklicht een enkele late auto op de weg te vangen, waarvan de bestuurder zich bezorgd afvraagt of hij nog benzine genoeg heeft om thuis te komen, daar de meeste tankstations al gesloten zijn. Fluks rekent hij uit dat hij, bij een verbruik van 1 op 10 bij deze snelheid, met zijn éne liter benzine nog ongeveer 10 km kan komen. Hij gaat dit verder preciseren: op elke kilometer zou nog 100 cm³ nodig zijn en, zijn bezorgdheid delende met de dame naast hem, legt hij uit dat slechts een hoeveelheid benzine ter grootte van een flesje nagellak op elke 100 m nodig zou zijn.

Zou men deze hoeveelheid nog verder onderverdelen, dan ontstaat tenslotte het idee van een brandstofdraad, die men al rijdende opknabbelt. Dit draadje is bij een bromfiets ongeveer gelijk aan de dikte van een paardehaar, bij een personenauto heeft het de diameter van een speld en bij een in volle vaart rijdende dieseltrein wordt het zo dik als een potloodstift. In de lucht heeft het nieuwste met straalmotoren uitgeruste verkeersvliegtuig van de K.L.M. een brandstofbuisje met een doorsnede van 4 mm nodig en op zee is bij een groot passagiersschip de pijp nog niet dikker dan een pink (gerekend met 24000 pk motorvermogen).

Om dit beeld te voltooien kan men zich dan nog voorstellen dat al deze haren, draden, pijpen en buizen ontspruiten uit één stam: de raffinaderij, die evenals een boom zijn wortels diep in de grond heeft.

Na aldus enerzijds op de brandstofconsumptie gewezen te hebben — waarbij ons treft hoe compact deze energiebron is — en anderzijds lettend op het bereikte resultaat: het verplaatsen, kunnen wij

ons afvragen wat hiertussen gebeurt. Wat gebeurt er bijvoorbeeld onder de motorkap om dit te bereiken?

Laten wij ons bij het stellen van het probleem nog wat scherper uitdrukken; we zijn bereid om wat chemische energie in de vorm van benzine, dieselolie of elpegeegas mee te nemen en we vragen om mechanische energie. De gedachte aan een perpetuum mobile, het „voor niets” reizen is langzamerhand, op een enkele uitzondering na, toch wel van de baan. Evenwel dient vermeld te worden dat sinds EINSTEIN de equivalentie van massa en energie aangetoond heeft, een zeer grote groep nieuwe transformaties mogelijk is geworden (denkt U bijvoorbeeld maar aan de „Nautilus”), die echter niet tot het onderwerp van vandaag behoren.

Rechtstreeks chemische energie omzetten in mechanische is onmogelijk. We moeten een tussenschakel zoeken: de elektriciteit of de warmte of een combinatie van beide. Bekijken we nu eerst de transformatie:

chemische energie \rightarrow elektrische energie \rightarrow mechanische energie,

dan blijkt dat de eerste stap uitgevoerd kan worden met behulp van gascellen. Dit kunnen bakken met gesmolten soda zijn waarin men twee stellen holle poreuze keramische elektroden plaatst. Door het eerste stel wordt een oxydeerbaar gas, door het tweede stel lucht dus zuurstof geperst. Dit is een proces dat zich onder constante temperatuur afspeelt en omdat het geen kringproces is, kunnen theoretisch veel hogere nuttige effecten dan bij cyclische machines verwacht worden. De technische moeilijkheden bij de verwezenlijking zijn echter nog zó groot, dat we deze transformatie buiten beschouwing kunnen laten.

Toch zouden we graag éérst elektrische energie willen hebben omdat deze vorm van energie zich goed regelbaar en zeer betrouwbaar laat transformeren tot mechanische energie. Laten we daarom de volgende omzetting proberen:

chemische energie \rightarrow warmte \rightarrow elektrische energie \rightarrow
 \rightarrow mechanische energie.

Drie stappen dus. De eerste stap: warmte opwekken is betrekkelijk eenvoudig: een vlammetje. Houden we dit nu onder een stel thermokoppels, gemaakt van geschikte half-geleidende materialen, en koelen we gelijktijdig een ander stel thermokoppels af, dan krijgen we

zonder bewegende delen een zekere portie elektrische energie, weliswaar thans nog met een laag rendement, maar in deze techniek zijn verdere verbeteringen te verwachten. Een principieel verliesgedeelte zal men hierbij altijd moeten dulden. Dit wordt gegeven door de verhouding van de absolute temperaturen, waarbij de warmte-afvoer resp. de warmte-toevoer geschiedt. De elektrische tussenschakel, die we aldus aan de hand van twee voorbeelden kort toegelicht hebben, verlaten we nu en wij richten onze aandacht op het hoofdthema:

chemische energie \rightarrow warmte \rightarrow mechanische energie.

Weer twee stappen dus: de stap van het vlammetje – liever spreek ik in het vervolg over het *vuurcircuit* – en een tweede stap: warmte omzetten in mechanische energie, wat ik ter onderscheiding het *werkcircuit* wil noemen. We gaan nu te rade bij de thermodynamici, die ons bepaalde voorschriften zullen geven over het werkcircuit om een zo voordelig mogelijke energie-omzetting te verkrijgen. Maar in de eerste plaats zullen zij vragen of wij een éénfase- of een tweefase-systeem willen hebben. Wij antwoorden dat we het hedenmiddag niet over het aan de kook brengen van water of kwik of een andere geschikte stof willen hebben, maar ons uitsluitend zullen bepalen tot gasvormige dus eenfase-systemen. In dat geval zullen de thermodynamici ons raden om het werkcircuit te verdelen in vier stappen: stap één en drie dienen voor isothermische compressie (dus met warmte-afvoer om de temperatuur constant te houden) resp. isothermische expansie (dus met warmte-toevoer voor het constant houden van een op een veel hoger niveau gelegen temperatuur). Stap twee en vier betreffen een onderlinge energie-uitwisseling om het temperatuurniveau tussen stap één en drie te overbruggen.

Zij vertellen U nog twee zaken, namelijk dat de energie-uitwisseling tussen stap twee en vier met gelijk nuttig effect òf via adiabatische compressie en expansie, òf via een regenerator kan geschieden, en dat U minstens een principieel verliesgedeelte in deze omzetting moet aanvaarden, dat wederom bepaald wordt door de verhouding van de absolute temperaturen van het lage en hoge niveau. Tenslotte kloppen ze U met een vaarwel op de rug, zeggende dat elk ander proces dat in Uw brein mocht opkomen tussen dezelfde temperaturen zeker een lager nuttig effect zal opleveren.

De natuurkundigen koppelen de vele door hen uitgevoerde waar-

nemingen aan theoretische beschouwingen, waarbij de einduitkomst – in de vorm van een natuurwet – ons als goede raad wordt meegegeven.

Wij werktuigbouwers staan voor het probleem om bij de stofelijke realisatie van bijvoorbeeld een krachtwerktuig te kiezen uit buitengewoon veel mogelijkheden en wel zodanig dat de optimale constructie bereikt wordt. Om tot realisatie van de genoemde vier stappen van het werkcircuit plus het eerder genoemde vuurcircuit te komen, vraagt nu de constructeur zich in de eerste plaats af: moet ik voor elk der afzonderlijke stappen ook een afzonderlijk hokje reserveren en het gasvormige medium steeds doorsturen of zal ik alles in één hokje onderbrengen, daarbij de vier stappen *in de tijd* nemend? In het eerste geval zal zich alles gelijktijdig maar op verschillende plaatsen afspelen; noem deze uitvoeringen de „gelijktijdige”; in het tweede geval gebeurt alles op dezelfde plaats maar na elkaar in de tijd, zodat voor dergelijke uitvoeringen de betiteling „gelijkplaatsige” gekozen kan worden.

Nu ontsluit zich met behulp van de begrippen vuurcircuit en werkcircuit (in vier stappen) tezamen met „gelijktijdigheid” en „gelijkplaatsigheid” een prachtig panorama van mogelijke constructies. Wij zullen in dit korte tijdsbestek een enkele daarvan als typisch voorbeeld behandelen. Hierbij zal blijken dat er altijd weer een compromis moet worden gesloten tussen de eis van eenvoud en de eis van hoog nuttig effect.

Als eerste voorbeeld het *gesloten-gasturbinesysteem*, ontwikkeld door ESCHER WYSS in Zwitserland. Deze kapitale installatie, bedoeld voor zeer grote vermogens, bevat alle vereiste elementen in afzonderlijke hokjes. Er is een apart gehouden vuurcircuit met aanjager en luchtvoorverhitter, terwijl het bij het gesloten werkcircuit mogelijk is om de laagste druk veel hoger te kiezen dan de atmosferische druk, hetgeen tot kleine afmetingen leidt en een regeling geeft, die ook bij kleinere belastingen nog een redelijk rendement vertoont. Bovendien bestaat principieel de mogelijkheid om voor het werkcircuit een ander gas dan lucht als medium te kiezen, bijvoorbeeld een éénatomig gas dat betere warmteoverdrachtseigenschappen bezit en tot minder stromingsverliezen aanleiding geeft. Compressie en expansie vinden plaats in roterende machines; het ideaal om dit isothermisch te doen verlopen kan benaderd worden door tussenkoeling resp. tussenverhitting toe te passen. De energie-uitwisseling tussen stap twee en vier gebeurt hier met een

regenerator. Omdat aldus aan vele thermodynamische eisen is voldaan verkrijgt men een goed nuttig effect.

Als tweede voorbeeld wilde ik de *experimentele gasturbine* voor automobielen noemen. Ter wille van de eenvoud valt hier het vuurcircuit samen met het werkcircuit. Het werkcircuit eist echter tengevolge van de maximum toelaatbare temperaturen vijfmaal zoveel lucht als theoretisch voor het vuurcircuit nodig is. Door het samenvallen van vuur- en werkcircuit is verhitting door een wand niet meer nodig. Voor stap één en drie koos men adiabatische compressie resp. expansie in roterende machines. Er blijven dus slechts vier hokjes over voor het gelijktijdigheidssysteem. Namelijk een roterende compressor, een verbrandingskamer, een turbine en een regenerator, dit alles verbonden door pijpen. Het nuttig effect is door de vereenvoudigingen niet erg hoog. Verbetering is te verwachten door toepassing van hogere maximumtemperaturen, die mogelijk worden wanneer weer betere materialen gevonden zijn. Verder speurt men naar kleinere, lichtere regeneratoren die toch een goede warmte-uitwisseling bezitten.

Het derde voorbeeld moge de *Philips-heetgasmotor* zijn. Het vuurcircuit is hier gescheiden van het werkcircuit; de volledige toevvoer en afvoer van de warmte van het werkcircuit dient dus te geschieden via de wanden. In wezen is de heetgasmotor een overgang van het ene naar het andere machinetype, waarbij compressie en expansie geschieden door zuigers met een in de onmiddellijke nabijheid opgestelde koeler resp. verhitter. Zoals bij ESCHER WYSS bestaat hier ook de mogelijkheid om het gehele circuit „op te pompen” en andere gassen dan lucht als medium te gebruiken. Door de onderling in fase verschoven sinusvormige bewegingen van de zuigers in de tijd gaan de vier stappen vloeiend in elkaar over, inclusief het verschuiven naar de koude of de warme kant. Met een buitengewoon hoog nuttig effect wordt de restwarmte na de expansie in de regenerator volgens een steile temperatuurgradiënt opgeslagen en weer afgegeven als voorverwarming vóór de eigenlijke verhitting bij de volgende cyclus begint. Voor een goed algeheel nuttig effect zal evenwel ook in het vuurcircuit een luchtvoorverwarmer aanwezig moeten zijn. Zeer opvallend van deze machine is de buitengewoon soepele en geruisloze gang.

Voor het vierde en laatste voorbeeld is de keuze gevallen op de *dieselmotor*. Het vuurcircuit valt hier weer samen met het werkcircuit en in de eenvoudigste vorm werkt de machine met slechts

één hokje: de cilinder, waardoor het gecombineerde proces zich in zijn geheel in de tijd moet afspelen. Het is dus intermitterend, wat tot gevolg heeft dat veel hogere temperaturen kortstondig kunnen worden toegelaten; daardoor zal, ondanks de vereenvoudigingen, een zeer hoog nuttig effect te bereiken zijn. De energieuitwisseling tussen stap twee en vier in het werkcircuit geschiedt hier volgens de adiabatische compressie- en expansiemethode; een manier die altijd veel hogere drukken, dus zwaardere constructies, oplevert dan met behulp van de regenerator. Om het proces in de tijd te doen verlopen is in de cilinder een zuiger aangebracht, die meestal via een krukstang-mechanisme met de uitgaande as gekoppeld is. Al naar gelang men nu éénmaal per omwenteling of éénmaal per twee omwentelingen het proces laat verlopen, spreekt men van tweetakt of viertakt motoren. Bij dergelijke zuigermachines dient er bovendien een inrichting te zijn om voor elk afzonderlijk procesje weer nieuwe zuurstof dus verse lucht toe te voeren. Dit zijn de U bekende kleppen, schuiven of poorten, die in functie treden gedurende het laatste gedeelte van de slag bij de tweetakt motoren en hoofdzakelijk gedurende de tweede omwenteling in elke cyclus bij viertakt motoren. Deze inrichtingen vormen een complicatie, maar ten opzichte van machines die werken met afzonderlijke circuits, dient men te beseffen dat juist deze kleppen en poorten ons verlossen van de moeilijkheid om de fundamenteel benodigde warmten door een wand toe of af te voeren. Of, met andere woorden, de koeling van een diesel- of benzinemotor dient slechts om het materiaal en de smeerolie te beschermen. Ook komt een ander principieel verschil aan het licht door deze beschouwing: het toerental is bij de motor een maat voor de frequentie van het proces, bij de gasturbine echter niet.

De drang naar een kleinere en lichtere bouwwijze leidt naar het opvoeren van de frequentie en dan komt al gauw de 'stofwisseling', beter gezegd de gaswisseling in het gedrang. In zulke gevallen is men in toenemende mate gebruik gaan maken van een combinatie die bestaat uit het zowel gelijktijdig als het gelijkplaatsig uitvoeren van het proces, en wel op twee manieren.

Ten eerste de zgn. *drukvvulling* van de dieselmotor, waarbij een gedeelte van de compressie en expansie in een roterende compressor resp. turbine plaats vindt, zodanig gekozen dat het door de turbine afgegeven vermogen juist gelijk is aan het door de compressor opgenomen vermogen. Turbine en compressor zijn tot één geheel

samengebouwd: de drukvulgroep, die op haar beurt weer zo goed mogelijk aan de motor bevestigd wordt. Uit het voorgaande kunnen wij nu tevens de te verwachten moeilijkheid voorspellen: de aanpassing van een continuproces aan een intermitterend proces.

Ten tweede de *vrije-zuigermachine*, die thans ook in Nederland in licentie gemaakt wordt. De begindruk van het eigenlijke dieselcircuit is hier zó hoog opgevoerd dat de geleverde mechanische energie juist groot genoeg is om de voor de hoge vuldruk benodigde zuigercompressor aan te drijven. Alle overblijvende energie zit nu in de uitlaatgassen, die via een pijpleiding op een geheel andere plaats een turbine kunnen drijven. Men noemt deze energieoverdracht dan ook 'gastransmissie'.

De werkzuiger van het dieselcircuit is direct gekoppeld met de compressorzuiger, zodat de drijfstang, de krukas en het vliegwiel kunnen vervallen, terwijl vernuftige inrichtingen zorgen dat de machine toch op gang komt en op gang blijft.

Na aldus de constructieve opbouw van enkele motoren zuiver uit de thermodynamische grondslagen afgeleid te hebben zij er nog op gewezen dat talloze andere combinaties uit deze beschouwing kunnen voortvloeien. Hieronder vallen niet alleen suggesties van geleerden uit de vorige eeuw, die thans door de vordering van de techniek waard zijn om opnieuw bestudeerd te worden, maar ook zijn geheel nieuwe krachtbronnen denkbaar volgens dit patroon.

Thans draaien we ons zoeklicht naar zee en de lichtbundel valt op een moderne supertanker in volle vaart, die voorzien is van één dieselmotor van 20000 pk. Rustig in zijn hut zit de hoofdwerktuigkundige wat te knutselen en misschien wel – verwoed motorman als hij is – met de afstelling van de kleinste motor ter wereld: een 0,15 cm³ motortje voor een modelvliegtuig van zijn zoon, een motortje dat niet groter is dan een lucifersdoosje.

Terugkerende tot de grotere machine van bijna één miljoen kg gewicht beneden in de machinekamer, zien we dat deze motor draait op precies dezelfde goedkope zware brandstof als gestookt wordt in stoomketels bij turbineschepen, een technische prestatie van de eerste rang, die mede gelukt is door de ontwikkeling van bijzondere smeermiddelen. Omdat de dieselmotor veel zuiniger is dan de combinatie stoomketel-turbine is de laatste jaren door dit type veel terrein gewonnen. Wat belet ons dan om nòg sterkere motoren te gaan maken? In de eerste plaats wel de buitengewoon

hoge kosten die verbonden zijn aan gebouwen, kranen, zware gereedschapswerktuigen en verdere outillage om deze machines te kunnen maken; in de tweede plaats bestaat het – kostbare – risico van een verkeerde extrapolatie van de tot heden bekende ervaringen.

Net zoals de hoofdwerktuigkundige zouden wij dus proeven op schaal moeten gaan doen en het is vooral PROF. TAYLOR van het M.I.T. geweest die dit op wetenschappelijke basis ter hand genomen heeft. Gemakkelijk is aan te tonen dat wanneer men alle hoofdmaten van een bepaalde motor driemaal verkleint en tevens het toerental driemaal verhoogt, men een nieuwe motor verkrijgt met dezelfde zuigersnelheid maar met driemaal meer vermogen per kilogram gewicht. Ook de cilinderwandbelasting, dat is het vermogen per oppervlakte-eenheid van de cilinderwand, is hetzelfde gebleven. De zuigers zijn kleiner dus lichter geworden maar het toerental is opgevoerd, zodat een korte berekening ons leert dat de massacrachten dezelfde gebleven zijn. Veel moeilijker worden de schaaleffecten bijvoorbeeld als we de cilinderdiameter hetzelfde houden en we slechts de slag zoveel maal verkleinen als we het toerental verhogen.

Tijdens het om de twee jaar te houden internationaal motorencongres (CIMAC) dat afgelopen zomer in Wiesbaden plaats vond, heeft IR. VAN TIJEN (tezamen met IR. DE MOOY en IR. VISSER) niet alleen gewezen op het belang van de mogelijkheid om van te voren de gemiddelde cilinderwandtemperatuur te kunnen bepalen, maar ook publiceerde hij daarbij een voorlopige formule om deze te berekenen als functie van bepaalde parameters. Thans is onder andere deze grootheid een maat voor de belastinggrens van een dieselmotor, want de vroegere 'rookgrens' bestaat sinds de drukvulling eigenlijk niet meer.

De combinatie van de studie van schaaleffecten met nadere proeven in de door IR. VAN TIJEN aangegeven richting kan daarom een verdere waardevolle researchbijdrage zijn van een Nederlands team.

Gaat men in eerste approximatie ervan uit dat de warmte-overgangscoëfficiënt een functie is van de temperatuur en druk in de cilinder en van de zuigersnelheid, dan geeft dit al heel wat rekenwerk om tot het totale warmtetransport per cyclus te komen. Zou men gaan verfijnen en bijvoorbeeld ook het aandeel van de lucht-werveling en de kwestie straling-convectie verdisconteren, dan was

al spoedig de hulp van een elektronische rekenmachine gewent.

En zie, inderdaad is onlangs een Engelse dieselmotor op de markt verschenen, waarbij van te voren 6348 verschillende cyclussen elektronisch berekend zijn, ditmaal met het doel tot het gunstigste brandstofverbruik te komen. Hierbij werd bij constante topdruk en gemiddelde druk de invloed van talloze variabelen onderzocht, zoals de compressieverhouding in de motor, de luchtvermaat, de drukverhouding opgewekt in de compressor van de drukvulgroep, de temperatuur van de lucht nadat deze de tussenkoeler gepasseerd is enz. Op de proefstand werd dan ook inderdaad het zeer lage brandstofverbruik van 151 gram per eph geconstateerd voor een motor van ongeveer 1000 pk, hetwelk overeenkomt met een rendement van meer dan 40 percent.

Dergelijke elektronische machines zijn echter kostbaar; meer in het algemeen kan men stellen dat het thans vereiste onderzoek om „bij” te blijven duur is wegens de steeds toenemende verfijning. Dit moge een aansporing zijn voor de Nederlandse motorenindustrie om op dit gebied verder te gaan samenwerken, anders bestaat over enige tijd het gevaar waarop nog onlangs DR. VAN DOORNE wees tijdens een lezing voor de studenten, dat onze fabrieken uit het buitenland licentie moeten betrekken, terwijl enkele ondernemingen nu nog licentie kunnen exporteren.

Het blijkt, dames en heren, dat de lichtbundel de fabriek heeft bereikt en ons hier een kort ogenblik oriënterende zien wij dat bij de middelgrote en grote motoren er een uitgesproken tendens bestaat om steeds meer te gaan lassen, hetwelk een kosten- en gewichtsbesparing betekent. Vaak wordt daarbij de fout gemaakt dat men de vroegere gietijzeren vorm als gelaste constructie weergeeft, een methode die voor vervanging van gebroken stukken wel op haar plaats is, maar niet voor nieuwe ontwerpen. Dan doet men beter een geheel nieuwe constructie te scheppen, waarbij de mogelijkheden die het lassen biedt, ten volle benut worden. Veel onderzoek vooral op het gebied van de vermoeidheid zal echter nog verricht moeten worden om de constructie met een minimumhoeveelheid materiaal bestand te doen zijn tegen de venijnige belastingwisselingen die in de frames optreden.

Voorts valt op dat bij serie- en massafabricage van motoren de uitbestedingsgedachte - in het buitenland al lang populair - thans ook bij ons sterker leeft; daarbij hebben de onderleveranciers een

groot aandeel in het researchwerk voor wat betreft de door hen toe te leveren produkten. Zoals bijvoorbeeld de speciale fabrieken van zuigers, waarvan de daaraan verbonden materiaaldeskundigen veel publiceren omtrent de door hen toegepaste legeringen van lichtmetaal met bijzondere eigenschappen.

Dit geldt ook voor andere motoronderdelen. Vermeld kan bijvoorbeeld worden een kort geleden gepubliceerd fraai onderzoek aan verchromde cilindervoeringen door de heer W. SCHULZE te Hilversum. Hierin wordt aangetoond dat het potentiaalverschil tussen de zuiger en de cilinderwand niet constant is, maar gedurende de slag zelfs van positief naar negatief kan omslaan. Voorts zijn er niet alleen wetenschappelijke verhandelingen uitgegeven door fabrieken van kleppen, veren, nokken, stoters en dunwandige lagerschalen maar ook de grotere onderdelen, complete sub-eenheden zoals drukvulgroepen en hydraulische regulateurs worden door ingenieurs van deze industrieën „naar maat” geleverd voor Uw motor. Bij nieuwe ontwerpen kan het daarom van groot voordeel zijn om alle onderleveranciers in een zo vroeg mogelijk stadium te raadplegen.

Tenslotte zijn er de oliemaatschappijen als toeleveranciers van brandstoffen en smeeroliën, die door hun zeer grote research-laboratoria veel tot de ontwikkeling bijdragen.

Bij het verlaten van de fabriek treft ons langs de uitrit in de berm van de weg een klein plantje, een nietig onkruid, veldsalie geheten. Het is goed hier even stil te staan, want de mens bestaat toch pas een paar miljoen jaar tegenover miljarden jaren van, wat men noemt, eenvoudiger wezens. Onderzoeken we nu de bloem van deze labiaat, dan zien we een fijnmechanische constructie van de hoogste orde waarbij een honingzoekende bij automatisch een klap van een meeldraad op zijn rug krijgt door middel van een niet-gesmeerd corrosievast slagboommechanisme. Daardoor wordt overvloedig stuifmeel op zijn donzig achterlijf geklopt. Bij een andere bloem is de stempel al rijp. De stijl hiervan buigt zich dan volgens een kromming die veel sterker is dan die van ons beste bimetaal, zodanig dat de stempels het stuifmeel van de rug van het insect kunnen opnemen.

Als we nu tegenover het dierenrijk de bewegelijke scheppingen van de mens stellen, beginnend met de kindervagen en dan via autopod, fiets, brommer tot het straalvliegtuig, dan zien we dat onze techniek voor wat betreft de instandhouding van het individu, slechts

zover is gevorderd, dat een enkele autoband of een vliegtuigbenzine-tank zichzelf stopt als er een spijker of een kogel doorheen gaat. Het duurt echter nog wel even voordat de techniek U biedt dat de deuk in Uw rechterspatbord de volgende ochtend vanzelf verdwenen zal zijn.

Een ander wezenlijk verschil is, dat men in de natuur alleen maar de draaiende beweging aantreft bij *asloze* constructies: in het zeer grote bij hemellichamen en in het zeer kleine waar de elektronen, zelf spinnende, om de atoomkernen draaien. Dit verschil geeft ons te denken. Teruggrijpende naar de „doelmatigheidsgedachte” zou men het kunnen verklaren door te wijzen op het feit dat, wat naar men zegt de grootste uitvinding aller tijden is: het wiel, zich niet leent voor groei, voor ontstaan uit een kiem. De bloedvaten, de zenuwdraden, in het algemeen de weefselvoeding zouden dan via sleepringen en asafdichtingen moeten werken om tot het wiel door te dringen. Nee, de natuur gaat nooit verder dan een gewricht en bereikt met heen- en weergaande delen de juiste snelheden te land, ter zee of in de lucht tegen een buitengewoon laag brandstofverbruik. Ondanks juichende technici, die elkaar hogelijk prijzen als het hun gelukt is om een toestel te maken met alleen maar draaiende delen, blijkt de conventionele verbrandingsmotor met zijn op- en neerbewegende zuigers, zoals die onder andere nog in de familie van de automobiellachtigen voorkomt, toch wel in goed gezelschap te zijn.

Laten we nu de lichtbundel doven, hopende dat ook geen knetterende bromfiets meer te horen zal zijn (en ten koste van een klein beetje moeite behoeft de motor geen lawaai te maken), opdat overblijve de essentie van een zuigermachine: wiexslag en wenteling.

Zeex geachte toehoorders,

Aan Hare Majesteit de Koningin, die mij heeft willen benoemen tot gewoon hoogleraar in de werktuigbouwkunde, meer in het bijzonder gericht op het gebied der verbrandingsmotoren, moge ik bij deze officiële aanvaarding van het ambt mijn eerbiedige dank be-
tuigen.

Mijne Heren Curatoren,

Het vertrouwen dat U gaf door mij te willen voordragen voor dit hoge ambt heb ik bijzonder op prijs gesteld. Ik ben mij bewust

van de verantwoordelijkheid die thans op mij rust en ik geef U graag de verzekering dat ik mijn beste krachten zal geven aan de vervulling van deze mooie taak.

Mijne Heren Leden van de Senaat en Adviseurs,

De buitengewoon hartelijke manier waarop U mij in Uw midden opnam en de prettige contacten die met velen van U daaruit voortvloeiden, hebben mij zeer veel vertrouwen gegeven in onze toekomstige samenwerking tot verdere ontwikkeling van deze Technische Hogeschool.

Mijne Heren Leden van de afdeling Werktuigbouwkunde,

Onder Uw bezielende leiding, waarde SCHMID, die alle aspecten vertoont om de vorming van deze afdeling te doen slagen en tezamen met U Heren Medeleden en Adviseurs, is het prettig werken. Alleen al de sfeer in onze afdelingsvergaderingen, waarvan ik er nu alweer – eerst als adviseur – een kleine vijftig heb bijgewoond, die gekenmerkt is door grote genegenheid voor elkaar en oprechte belangstelling voor elkaars vakgebied, schenkt mij de overtuiging dat onze samenwerking ook in de toekomst zeer vruchtbaar zal zijn.

Hooggeleerde Collega, waarde Seyffardt,

Gaarne wil ik op deze plaats tot uitdrukking brengen mijn bewondering voor de zeer deskundige manier, waarop U, als een der „mannen van het eerste uur” de basis voor het onderwijs en onderzoek voor ons vakgebied hebt voorbereid. Uw idee om de sectie automobieltechniek en de sectie verbrandingsmotoren zo veel mogelijk te laten samenwerken heeft al tot vele vruchtbare resultaten geleid en ik hoop ook in de toekomst op deze basis nog zeer veel met U te mogen samenwerken.

*Hooggeachte Directie der N. V. Machine Fabriek „Bolnes”,
waarde Han van Cappellen,*

Bijzonder dankbaar ben ik dat ik gedurende meer dan tien jaar heb mogen meewerken aan de ontwikkeling van Uw bedrijf, die tijdens deze periode zulk een stormachtig verloop heeft gehad. Helaas heeft Uw Vader, met zijn uitzonderlijke gave technische kennis en zijn grote menselijkheid, dit alles maar voor een gedeelte kunnen meemaken. De moderne nieuwe werkplaatsen, de geheel

gelaste V-motor en het grote aantal opdrachten zijn dan ook geheel onder Uw leiding tot stand gekomen.

De prettige geest en het idee van saamhorigheid hetwelk U steeds onder Uw medewerkers wist te scheppen, zowel als de vriendschap die ik van U heb mogen ontvangen, zullen steeds in mijn herinnering blijven.

Tevens moge ik hierbij een woord van dank uitspreken aan alle medewerkers op kantoor en in de fabriek, zowel als aan alle experts, inspecteurs en werktuigkundigen, waarmee ik zo prettig heb mogen samenwerken en die mij door hun praktische kennis en grote ervaring zo veel geleerd hebben.

Thans mij tot U richtende, *Dames en Heren Studenten*, wil ik wijzen op een lezing die Multatuli nu bijna 100 jaar geleden heeft gehouden voor het Delftse Studentengezelschap „Vrije Studie”, waarin hij stelt dat, in dezelfde zin als gezondheid absentie van kwalen is, vrijheid absentie van belemmering is. Hieruit volgt dat vrije studie het onbelemmerd studeren is, ofwel het onbelemmerd streven naar waarheid; hoedt U dus voor vooroordelen en het napegaaien van de meester en bedenk dat alleen in het woordenboek „Succes” staat vóór „Werken”.

U zult moeten leren het voor anderen toegankelijk maken van Uw gedachten, met andere woorden een *gedachte* om te zetten in een *denkbeeld* (d.w.z. een beeld van Uw denken). In de werktuigbouwkunde is de afstand hiertussen kort als U door veel oefening – het is heus geen gave – goed kunt schetsen en wel het liefst in perspectief want dan oefent U tevens het drie-dimensionaal denken.

Tenslotte wijs ik op het volgende verhaal uit China, dat een paar duizend jaar geleden verteld werd:

„Er was een man in Soeng, die zich erover bezorgd maakte, dat zijn koren niet goed groeide en er daarom aan ging trekken. Uitgeput kwam hij thuis en zei tot zijn huisgenoten: vandaag heb ik mij moe gemaakt, ik heb het koren helpen groeien. Toen zijn zoon er snel heen liep om te gaan kijken, waren de jonge scheuten al verdord”.

Welnu, ik hoop slechts te zorgen voor een goede voedingsbodem, soms, helaas, wat onkruid te wieden en U vooral te helpen bij het lessen van Uw dorst – naar kennis wel te verstaan.

Ik dank U voor Uw aandacht.