

Denken met de handen

Citation for published version (APA):

Bogaardt, M. (1959). *Denken met de handen*. 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.

DENKEN MET DE HANDEN

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE OFFICIËLE AANVAARDING
VAN HET AMBT VAN GEWOON HOOGLERAAR
IN DE WERKTUIGBOUWKUNDE
AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL TE EINDHOVEN
OP DINSDAG 26 MEI 1959

DOOR

Dr. M. BOGAARDT

*Mijne Heren Curatoren,
Mijne Heren Hoogleraren en Adviseurs,
Leden van de Wetenschappelijke, Technische en
Administratieve Staf,
Dames en Heren Studenten, en
Gij allen, die door Uw aanwezigheid van Uw
belangstelling blijk geeft,*

De titel van de rede, die ik hedenmiddag voor U mag uitspreken, en die ik heb ontleend aan het aldus genoemde werk van Dénis de Rougemont, behoeft onmiddellijk een nadere toelichting. Een toelichting, die — naar ik hoop — tevens een geruststelling zal zijn, omdat ik U daarmee zal proberen duidelijk te maken, dat gij deze middag niet een hoogleraar in de werktuigbouwkunde zult horen oeren over een ethisch-philosophisch thema. Bij de Rougemont immers ligt het probleem dáár, waar uit het *handelende denken* de ethiek geboren moet worden, die richting geeft aan de cultuur en haar rechtvaardigt. Het *denkend handelen* daarentegen, waarvoor ik een ogenblik Uw aandacht wil vragen, vormt de brug tussen de geboorte van een gedachte en de technische realisatie daarvan. Op het eerste gezicht hebben dus de beide thema's niets met elkaar gemeen dan de woorden, waarin zij zijn omsloten. In feite echter berusten zij op één en dezelfde erkenning: dat schepping hier slechts kan voortkomen uit de paring van gedachte en handeling.

In het hierna volgende wil ik U uitnodigen met mij een, zij het zeer vluchtige, zwerftocht te ondernemen door de geschiedenis van de technische ontwikkeling, welke geleid heeft tot de stand van de beschaving, welke wij als de Westerse beschaving plegen aan te duiden. Vervolgens wil ik gaarne een ogenblik verwijlen bij een bijzonder — en wel een zeer modern — onderdeel van de technische ontwikkeling, namelijk die van de atoomkernenergie. De snelheid en de omvang van de ontwikkeling van dit onderdeel van de techniek, dat met de naam van kerntechniek wordt aangegeven, zullen wij moeten plaatsen in de context van de

gehele hedendaagse techniek. De inspanning, welke hier aan het handelen ten koste moet worden gelegd om te geraken tot de realisatie van de gedachte, de atoomkernenergie ter beschikking van de mensheid te stellen, is wellicht groter dan ooit eerder in de geschiedenis te zien is geweest voor enige andere technische evolutie. De implicaties van deze ontwikkeling van de kerntechniek voor de mensheid in haar geheel vermogen wij heden ten dage niet in hun volle omvang te overzien, of zelfs slechts te gissen.

Voor wie zich de moeite getroost terug te gaan in de historie om kennis te nemen van de stand van exacte wetenschap en techniek in vroeger tijden, ligt een onbeschrijfelijk boeiend en intrigerend terrein van studie open. Verbluffende voorbeelden van mathematisch — en zelfs abstract-mathematisch — denkvermogen en van technische bekwaamheid kunnen bijvoorbeeld worden gevonden in het Egypte en het Sumerië van ca. veertig tot zestig eeuwen geleden. Soms zal de ontwikkeling van wiskundige formules en technieken zijn gevolgd uit praktische behoeften. Zo treft men zowel bij de Egyptenaren als bij de Sumeriërs formules aan voor het berekenen van inhouden van min of meer ingewikkelde lichamen, bijvoorbeeld van afgeknotte pyramiden. Voor het berekenen van het oppervlak van een cirkel bedienden de Egyptenaren zich van de benadering $(16/9)^2$ voor π , d.i. 3,16 in plaats van 3,14 . . . , terwijl de Sumeriërs met de waarde 3 genoegen namen. In het oude Egypte treft men voorbeelden aan van het oplossen van een quadratische vergelijking, terwijl de Sumeriërs zelfs een stel simultane quadratische vergelijkingen wisten op te lossen. Evenzo waren zij in staat de wortels te geven van een derde machts vergelijking. In hoeverre bij deze laatste voorbeelden sprake is van wisselwerking tussen *wetenschap* en *techniek* is moeilijk aan te geven. Wel is er een voorbeeld van zulk een wisselwerking tussen de *wiskunde* en de *samenleving*, namelijk de koppeling bij de Sumeriërs van het gekozen 60-tallige rekenstelsel en het 60-tallige stelsel van maten en gewichten. Zij maken daarmee een uitzonderlijk goede beurt. Zelfs de zo voor hun rationeel technisch denken geprezen Romeinen hadden, in tegenspraak met hun tientallig rekenstelsel hun pond in twaalf onzen verdeeld. In West-Europa duurde het tot 1585 voordat — de vooral aan de werktuigbouwers aan deze Technische Hogeschool zo goed bekende — Simon Stevin voorstelde de maten- en gewichtenstelsels in overeenstemming te brengen met het decimale getallenstelsel. Overigens was er een Franse Revolutie voor nodig om de denkbeelden van Stevin te realiseren. Het mijmeren over het zonderlinge

voortleven van het Angelsaksische maatstelsel in onze wereld laat ik gaarne aan U over.

Een andere bewonderenswaardige mathematische verworvenheid van de Sumeriërs, waarvan echter weer niet is na te gaan in hoeverre zij uit wisselwerking tussen wiskunde en het dagelijks leven is voortgekomen, is de invoering van negatieve getallen. Eerst in de 13e eeuw, dus ca. 3300 jaar later, duikt dit idee op in de Westerse wereld.

In het voorafgaande is slechts sprake geweest van *wisselwerking* tussen theorie en praktijk. Er is niet gerept van wat ons hier eigenlijk interesseert, het doen van gericht onderzoek en ontwikkelingswerk met het doel een bepaald denkbeeld om te zetten in een bruikbaar werktuig of een bruikbare werkwijze. Ongetwijfeld zouden er, ook in de verre oudheid, voorbeelden van zulk gericht werk te vinden moeten zijn, zij het dat aan de oorsprong van dat werk veeleer een toevallige waarneming zal hebben gestaan dan een uit theorie afgeleide gedachte. De ontwikkeling van de papyrus kan zo verlopen zijn, en evenzo de ontwikkeling van het glas, dat uit ter plaatse aanwezige ingrediënten — zand en natrium — een eerste maal toevallig gevormd zal zijn. Omstreeks 1600 v. C. kende Egypte reeds een omvangrijke glasindustrie. Dat ontwikkeling berustend op een toevallige waarneming ook in onze tijd veelvuldig voorkomt, behoeft geen betoog. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van de kunststoffen, die begint met het waarnemen door Baekeland in het begin van deze eeuw van de vorming van een hoogmoleculaire stof in een niet bedoelde chemische reactie. Een voorbeeld van onderzoek louter gebaseerd op een — overigens irrationele — gedachte, kan men vinden bij de alchemisten.

Voordat systematisch en gericht onderzoekings- en ontwikkelingswerk in West-Europa ingang kon vinden, moest aan een aantal voorwaarden worden voldaan. Als eerste voorwaarde kan worden genoemd het bestaan van de geëigende denkdiscipline, de wetenschappelijke, logische denkwijze, welke het mogelijk maakt om, uitgaande van een gesteld probleem, door combinatie van een aantal elementen, zoals directe of afgeleide ervaring en gevolgtrekking, tot een oplossing te geraken. Als voorbeeld zou men kunnen denken aan de conceptie van een autocric, uitgaande van het principe van de koevoet. De hier bedoelde denkdiscipline is typisch voor de Westerse beschaving; zij stoelt rechtstreeks op het centrale beginsel van deze cultuur, het rationalisme. Wanneer dank zij het opdringen van de Arabieren in de 12e en 13e eeuw het eerste

zaad voor het Europese rationalisme eenmaal wordt uitgestrooid, dan zal in de volgende paar honderd jaren de mystieke wereld van de middeleeuwen worden afgebroken. Die tijd zal het begin van de opkomst der burgerij markeren.

De Rougemont associeert daarmee het verloren gaan van het bindend element van de dan bestaande cultuur, de theologie, die het af moet leggen tegen het „burgerlijke gezond verstand”. Een nieuwe cultuur gaat geboren worden, waarvan dat gezond verstand — met een mooier woord rationalisme — het bindend element is. In ieder geval is het duidelijk, dat juist in deze eeuwen het wetenschappelijk rationalisme opkomt. De groei van de burgerlijke maatschappij en van de wetenschappelijke rede zijn niet van elkaar te scheiden. Zij vindt haar eerste top, of liever: eerste uitbarsting, in de Franse Revolutie. De beoefening van de exacte wetenschappen kan eerst nu met recht beginnen; de ontstellende ontwikkeling ervan in de laatste 150 jaar is voor het grootste deel verantwoordelijk voor de cultuurcrisis, waaraan de Rougemont zijn boek heeft gewijd.

De tweede voorwaarde voor het ingang vinden van gericht technisch onderzoek- en ontwikkelingswerk is de aanwezigheid van een expanderende industrie of van militaire behoeften. Immers zal, in tegenstelling tot zuiver wetenschappelijk onderzoek, technische ontwikkeling vrijwel uitsluitend gestimuleerd worden met commerciële of economische oogmerken. Het peil van de beschikbare industrie bepaalt het peil, waarop ontwikkeling kan plaats vinden, de mate van haar expansie bepaalt de omvang van het ontwikkelingswerk. Het programma uit hoofde van militaire behoeften is een additioneel en zeker niet te verwaarlozen element in de technische evolutie. Een voorbeeld hiervan biedt de luchtvaart, die dank zij de militaire bemoeienissen in stormtempo tot een wezenlijk element van de gehele samenleving kon uitgroeien.

Het zou te ver voeren hier in te gaan op de facoren, die het tot stand komen van een sterk ontwikkelde industrie in de Westerse wereld hebben mogelijk gemaakt. Dat juist de rationalistische wereldbeschouwing van de Westerse burger één van de allerbelangrijkste factoren geweest is, behoeft geen betoog.

Wij hebben tot hiertoe eerst aandacht gewijd aan de relatie tussen wetenschap en technische toepassing; vervolgens hebben we het terrein van discussie vernauwd tot het gerichte technische onderzoekings- en ontwikkelingswerk. Laat ons nu een verdere verenging van het onderwerp toelaten, en de aandacht richten op het werk, dat verricht is en verricht wordt om één bepaald, uit wetenschap geboren idee haar technische vorm

te geven. De vorm, waarin de kerntechniek de samenleving kan dienen.

Over de vroege geschiedenis van de kerntechniek is reeds vrij veel geschreven, tenminste, over dat gedeelte, dat zich heeft afgespeeld in de laboratoria van kernfysici. De gedachte, dat kernenergie wordt omgezet in voor ons bruikbare vormen van energie, vindt men in zekere zin al uitgedrukt in 1927, door Houtermans en Atkinson, die veronderstelden, dat de zonne-energie afkomstig is van een voortdurende keten van kernreacties op de zon. Wanneer Lise Meitner en Hahn tien jaren later uranium met neutronen beschieten, nadert het tijdstip van de geboorte van de gedachte kernenergie op aarde vrij te maken. Dat tijdstip ligt tussen 1938, het jaar, waarin Hahn en Straszmann de beslissende experimenten doen waaruit kernsplijting door middel van neutronenbombardement mogelijk blijkt, en 1939, het jaar, waarin het echtpaar Joliot-Curie de mogelijkheid van een kettingreactie van splijtingen van uranium-kernen aantoonde. Vanaf dat ogenblik begint de eigenlijke technische ontwikkeling, met als eerste stap de bouw van de eerste kernreactor door Enrico Fermi. In december 1942 is de mogelijkheid om een beheerste ketenreactie van kernsplijtingen op aarde te verwezenlijken aangetoond. Voorshands wordt de technische ontwikkeling gericht op twee doelstellingen, die met industrieel gebruik van kernenergie niets te maken hebben: de produktie van hoogwaardige splijtstoffen en het construeren van explosieve ensembles met behulp van die splijtstoffen. Pas in 1945 wordt weer gedacht aan industriële toepassingen van kernenergie, maar niet met die overtuiging, die de bezieling van elk vruchtbaar werk is. Worden in Groot-Brittannië en in Frankrijk rond 1947 de eerste ideeën omtrent nationale ontwikkelingsprogramma's voor kern-elektrische centrales geformuleerd, in de Verenigde Staten duurt het tot 1954 voordat zulk een programma omlijnd wordt. De lijnen van reactorontwikkeling worden nu al een heel stuk duidelijker. Van alle mogelijke combinaties van splijtstof, remstof, koelmiddel en constructiemateriaal komen er nu een beperkt aantal naar voren, vijf in de Verenigde Staten, een zesde in Groot-Brittannië en Frankrijk. Eén van de genoemde typen, de hoge-druk water-reactor wordt met name in Amerika zeer gepousseerd in het kader van de nucleaire voortstuwing van onderzeeboten. Hier is dus weer een voorbeeld van het belang van een voor militaire oogmerken gestimuleerd ontwikkelingsprogramma. De hoge-druk water-reactor moge in de toekomst niet de meest economische reactor blijken te zijn — niemand kan overigens op dit ogenblik daarover een gefundeerde uitspraak doen — het in verband met zijn ontwikkeling ver-

richte werk heeft een niet te onderschatten hoeveelheid nuttige technische en technologische kennis en bekwaamheid opgeleverd. Het feit alleen al, dat de organisch gemedereerde en gekoelde reactor in slechts enkele jaren ontwikkeld kon worden, toont aan hoe zwaar reeds verkregen kennis hier meetelt. Een resultaat van de PWR-ontwikkeling, dat, hoewel niet direct zichtbaar, van primair belang is, is de aanpassing van de Amerikaanse industrie aan de exorbitante eisen, die de kern-techniek stelt, zowel aan de materialen als aan de afmetingen en vooral de precisie van de benodigde werkstukken. Over de moeilijkheden, die deze aanpassing met zich meebracht, heeft de admiraal Hyman Rickover,

Tabel I.

Uitgaven U.S. Atomic Energy Commission 1939—1958
(in miljoenen dollars).

	1939/47	1947/57	1957/58	1947/58	1958/59	1959/60
Grondstoffen	—	9.096	1.193	10.289	1.166	1.258
Wapens	—	2.565	452	3.017	433	542
Reactor ontwikkeling	—	1.487	357	1.844	309	373
Fysisch onderzoek	—	552	73	625	91	129
Biologie en medicijnen	—	278	36	314	35	43
Woningen e.d.	—	321	17	338	18	17
Directie en administratie	—	318	45	363	46	50
Beveiliging	—	65	9	74	8	8
Opleiding en informatie	—	13	18	31	15	16
Diversen	—	477	444	921	9	8
Inkomsten	—	— 92	— 30	— 122	— 33	— 28
Total budget AEC	2.750	15.080	2.614	17.694	2.097	2.415

(Het budgettaire jaar loopt van 1 Juli t/m 30 Juni).

Tabel II.

Jaarlijkse uitgaven US AEC, totaal en alleen voor reactoren.
(in miljoenen dollars).

	47/48	48/49	49/50	50/51	51/52	52/53
1. Reactor ontwikkeling	54	61	64	93	125	125
2. Totaal AEC.	672	662	567	1.925	1.255	3.468
3. Totaal Gouvern.	33.069	39.507	39.606	44.058	65.408	74.274
no. 1 no. 2 in 0/00	80	92	113	48	100	36
no. 2 no. 3 in 0/00	20	17	14	44	19	47
no. 1 no. 3 in 0/00	1,6	1,5	1,6	2,1	1,9	1,7

de vader van de eerste atoom-onderzeeër Nautilus, op indrukwekkende wijze geschreven.

In het hierna volgende wil ik niet uitweiden over vele neven-ontwikkelingen van de energie-reactoren, die evenzeer tot het terrein van de kerntechniek behoren, zoals gebruik van isotopen, medische en wetenschappelijke toepassingen van kernreactoren, stralingschemie, atoombatterijen en zelfs raketvoortstuwing voor ruimtevaart of het gebruik van fusie-energie, noch wil ik spreken over het belang van door de kerntechniek geïnitieerde ontwikkelingen (vooral op het terrein van de materiaalkunde), die van groot belang zijn voor andere gebieden van de techniek (zoals de chemische industrie), en al evenmin wil ik spreken over de mogelijke gevaren van de toepassing van kernenergie. Ik zeide U reeds, dat de implicaties van de invoering van kernenergie als element in onze samenleving niet in hun volle omvang kunnen worden overzien. Zelfs een korte omschrijving van die implicaties, die wél reeds duidelijk zijn, zou veel meer tijd en kennis vragen dan ik ter beschikking heb. Slechts wil ik trachten met U na te gaan hoeveel *denken met de handen* is gedaan om te komen tot het stadium van reactorontwikkeling, waarin wij thans verkeren. Wij zullen daarbij trachten aan te geven hoeveel geld verschillende naties hebben besteed en besteden aan de nationale kernenergie-programma's, en misschien zullen wij ook in staat zijn aan te geven in welke orde van grootte men moet denken als men over zulk een inspanning in ons eigen land spreekt.

Wanneer men de sommen gelds overziet, die sinds 1947 in de Verenigde Staten door het gouvernement aan kernenergie zijn besteed, en wel verdeeld naar een aantal onderwerpen, blijkt het moeilijk om precies aan te geven wat nu voor de eigenlijke reactorontwikkeling is besteed. Welk gedeelte van de kosten voor directie en administratie, voor huisvesting en sociale voorzieningen, voor beveiliging, voor opleiding en informatie

53/54	54/55	55/56	56/57	57/58	47/57	58/59	59/60
119	152	231	464	357	1.487	309	373
1.417	1.331	1.559	2.224	2.614	15.080	2.097	2.415
67.772	64.570	66.540	68.900	71.807	595.945	—	—
84	114	169	208	137	99	147	154
21	21	23	33	36	25	—	—
1,8	2,4	3,5	6,7	5,0	2,5	—	—

(Het budgettaire jaar loopt van 1 Juli t/m 30 Juni).

moeten mede worden gerekend tot de reactor-ontwikkelingskosten te behoren? Uit tabellen I en II blijkt, dat het budget van de Amerikaanse Atomic Energy Commission in de jaren van 1947 tot 1959 snel gestegen is, en dat nu een niveau van ruim 2,5 miljard dollar per jaar is bereikt. Per 1.7.1958, het einde van het fiscale jaar 1957/58, was in totaal ruim 20 miljard dollar aan staatsfondsen in kernenergie gestoken. Voor de ontwikkeling en de bouw van kernreactoren was toen méér dan 1,5 miljard dollar besteed. Het is interessant te zien hoe het aandeel van de kosten voor reactorontwikkeling gestadig stijgt. Van het AEC-budget loopt dat aandeel van 8% in 1947/48 naar ca. 14% in 1957/58. Gerekend naar het totale budget van het federale gouvernement stijgt het aandeel voor reactor-ontwikkeling van 1,6% in 1947/48 tot 5% in 1957/58. In dat laatste jaar werd 357 miljoen dollar voor dit programma-onderdeel uitgegeven.

En hoever is nu de reactor-ontwikkeling gevorderd dank zij de ca. 1,5 miljard dollar, die per 1.7.'58 daaraan was besteed? Vijf typen reactoren zijn ontwikkeld tot een stadium, waarin men iets beter de mogelijkheden van verdere ontwikkeling kan overzien; het zijn de hoge-druk water-reactor, de kokende reactor, de met natrium gekoelde grafiet reactor, de snelle broed-reactor en de homogene water reactor. Daarvan zijn de eerste twee de kanspaarden voor de naaste toekomst, de derde is iets minder ver ontwikkeld, de laatste twee behoren tot een ontwikkelingsprogramma op langere termijn. Gemiddeld mag men zeggen dat ca. 300 miljoen dollar benodigd is voor de eerste phase van ontwikkeling van een concept tot een prototype van een industriële reactor. Ditzelfde getal is ook op andere gronden, namelijk door middel van een meer gedetailleerde kostenraming, verkregen. Vermeld moet worden, dat ook een aantal additionele reactor-concepten in de Verenigde Staten nader is uitgewerkt; relatief zijn de kosten van het daarmee gepaard gaande vooronderzoek gering, vergeleken bij wat aan de ontwikkeling van de eerder genoemde vijf typen ten koste is gelegd. Het is duidelijk, dat, waar de ontwikkeling van een nieuw reactortype bedragen van de orde van grootte van 300 miljoen dollar vergt, de kans, dat zulke nieuwe projecten ter hand zullen worden genomen, gaandeweg kleiner wordt. Het recht van de eerstgeborene doet zich in de kerntechniek al evenzeer gelden als op andere terreinen, bijvoorbeeld op dat van de zuiger-motoren voor vliegtuigen, die immers uit hoofde van de historische ontwikkeling luchtgekoeld zijn in plaats van vloeistof-gekoeld.

In de figuren 1, 2 en 3 zijn de bedragen weergegeven, die van 1950 tot 1958 besteed zijn aan de uitvoering van een drietal programma's:

Fig. 1. Uitgaven van de AEC voor experimentele energiereactoren.

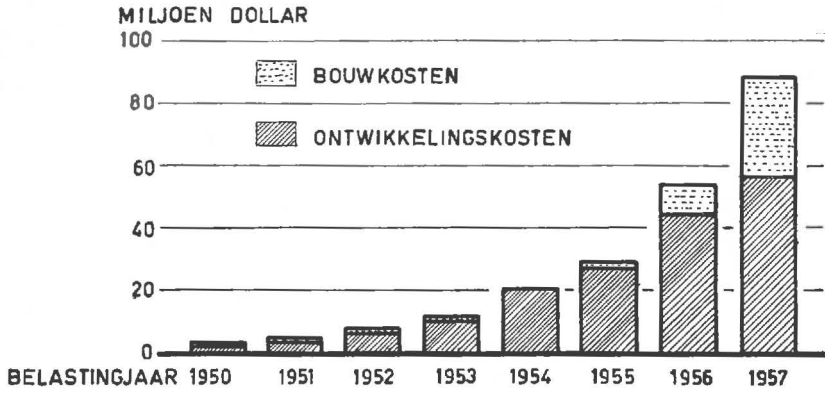


Fig. 2. Uitgaven van de AEC voor de ontwikkeling van vliegtuigreactoren.

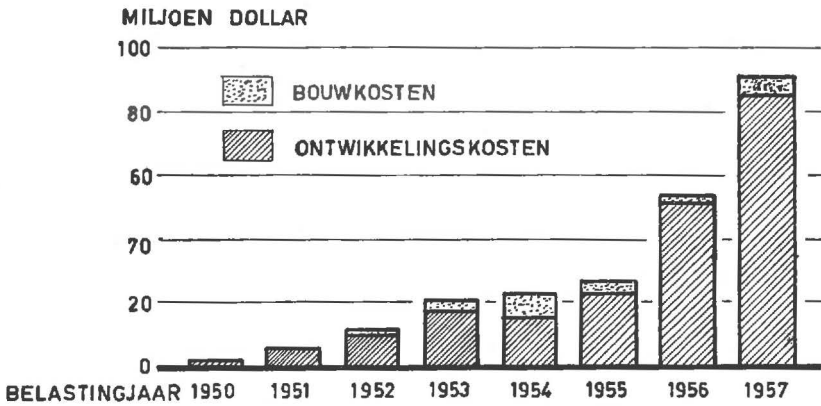


Fig. 3. Uitgaven van de AEC voor de ontwikkeling van scheepsreactoren.

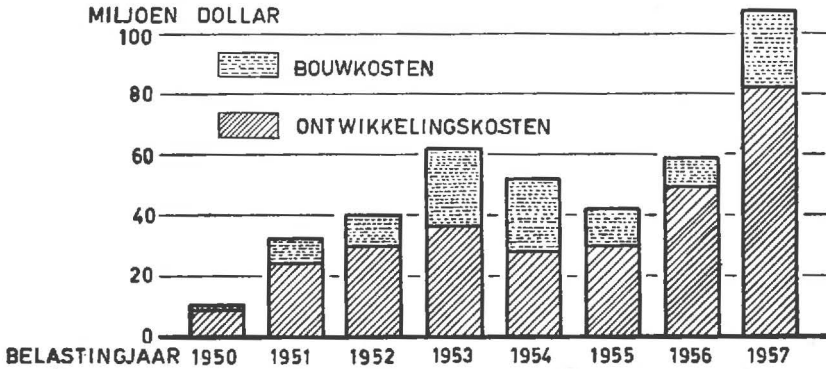


fig. 1. Experimentele energiereactoren;

fig. 2. Vliegtuigreactoren;

fig. 3. Scheepsreactoren.

De geïntegreerde bedragen zijn respectievelijk ca. 220, ca. 230 en ca. 400 miljoen dollar. Bij de som van de bedragen voor marinereactoren moet in aanmerking worden genomen, dat de uiteindelijke bouw van de scheepsreactoren op het marineprogramma voorkomt, terwijl bovendien nog een deel van de ontwikkelingskosten ten laste van het budget van de marine zijn gebracht. Wat betreft het programma voor experimentele energie reactoren, heeft de industrie zich gecommitteerd tot een bedrag van ca. 90 miljoen dollar. Daarnaast is de industrie bereid gebleken grote sommen te investeren in de eerste energie-reactor centrales, waarvan er nu een viertal in aanbouw zijn, en een groter aantal geprojecteerd is voor de naaste toekomst.

Het zou interessant zijn voor de verschillende reactor-projecten over meer gedetailleerde gegevens te beschikken omtrent de zuivere onderzoek- en ontwikkelingskosten enerzijds, en de constructiekosten anderzijds. Voor wat betreft de hoge-druk water reactor is dat niet doenlijk, omdat een aanzienlijk deel van de kosten valt onder een programma voor marine-reactoren. Wel is bekend, dat voor de eerste PWR-centrale te Shippingport (met een vermogen van 60 MWe, dat thans wordt opgevoerd tot 100 MWe) ca. 72,5 miljoen dollar is besteed aan constructie, waarvan 15 miljoen voor de conventionele turbine installatie, en nog eens ca. 50 miljoen aan onderzoek en ontwikkelingswerk. De reactor is echter zuiver experimenteel, en de genoemde kosten — vooral die voor de constructie — zijn daardoor exorbitant hoog. Bovendien zal, door verbeteringen in de splijstofelementen, in de toekomst het vermogen van deze centrale van 60 tot 150 MWe kunnen worden opgevoerd.

Tabel III.

Bijdrage AEC aan reactor ontwikkeling (in miljoenen dollars).

Hoge-druk water reactor	—
Homogeen water reactor	44
Snelle broed reactor	28
Natrium grafiet reactor	16
Kokend water reactor	20
Organisch gemodereerde reactor	4,4
Vloeibare metallische reactor	5,5
Plutonium recycle reactor	1,8

Zoals bekend is, is in de Verenigde Staten veruit de meeste inspanning besteed aan de ontwikkeling van de hoge-druk water-reactoren. Daarna volgt de kokend water reactor, aan de ontwikkeling waarvan door General Electric veel geld wordt besteed.

De bijdrage van de AEC aan de ontwikkeling van een aantal reactor-typen is in tabel III samengevat.

Men moet zich bedenken, dat om dit ontwikkelingsprogramma uit te voeren een zevental grote centra in bedrijf wordt gehouden, waarin op 1 Juli 1958 ca. 900 miljoen dollar was geïnvesteerd en waaraan ruim 22.000 werknemers zijn verbonden.

Wij zullen nu eens gaan zien welke bedragen er in andere landen dan de Verenigde Staten aan de ontwikkeling van kernenergie ten koste worden gelegd. Allereerst komt daarvoor in aanmerking Groot-Brittannië, dat een stoutmoedig plan heeft opgesteld, resulterend in de installatie van een elektrisch vermogen van 6000 MW tegen 1965. Als derde in de reeks kunnen wij denken aan Frankrijk, dat onmiskenbare ambities heeft om als nucleaire mogendheid mee te tellen. In ons overzicht zullen we moeten afzien van het beschouwen van het Russische ontwikkelingsprogramma, omdat daarvan geen kosten opgegeven worden. Wel kunnen we een aantal kleinere Europese landen bezien, België, Zweden, Zwitserland, West-Duitsland en ons eigen land.

Tabel IV.

Uitgaven voor kernenergie (exclusief wapens) in verschillende landen.
(in miljoenen guldens).

	1955	1956	1957	1958	1959
Engeland	536,-	540,-	682,-	1.120,-	—
Frankrijk	350,-	550,-	600,-	650,-	—
België	15,2	15,2	43,2	43,2	43,2
Zwitserland	—	—	—	13,2	20,5
Zweden	—	27,0	49,9	100,8	—
Nederland	—	2,7	9,9	12,5	18,0
Noorwegen	1,5	2,2	3,8	—	—
West-Duitsland	—	—	78,-	103,-	118,-
Ver. Staten	4.176,-	5.168,-	7.372,-	8.827,-	10.058,-

In tabel IV zijn naast de hoge uitgaven van Engeland en Frankrijk, vooral de snelle stijging van uitgaven in West-Duitsland en de geringe uitgaven in ons eigen land opvallend. De wetenschap, dat men in West-

Duitsland de ontwikkeling van liefst drie eigen typen van reactoren ter hand heeft genomen, doet vermoeden, dat er in de naaste toekomst nog veel grotere bedragen op tafel zullen komen, tenminste als men de begonnen ontwikkeling in eigen land au sérieux neemt. Wat betreft ons eigen land, met eveneens een eigen reactor-project, de suspensie-reactor: het voorafgaande overzicht van de benodigde ontwikkelingskosten voor zulk een project, kan ongetwijfeld aanleiding geven tot ernstige bezinning.

De in Tabel IV gegeven getallen laten zien hoeveel geld men kwijt kan aan een programma voor atoomkernenergie. Een minstens even interessante informatie verkrijgt men door eens uit te rekenen hoeveel geld er in de verschillende landen per hoofd van de bevolking is en wordt uitgegeven onder het hoofd „kernenergie”.

Tabel V.

Totale bestedingen van de overheid tot 1958 en in 1959 per hoofd van de bevolking voor kernenergie, inclusief wapens.

(in guldens).

	tot 1958	in 1958	in 1959
Engeland	—	21,5	—
Frankrijk	43,0	14,5	—
België	6,0	4,8	4,8
Zwitserland	—	2,6	4,0
Zweden	—	13,6	—
Nederland	1,3	1,1	1,6
Noorwegen	2,1	—	—
West-Duitsland	—	2,0	2,3
Ver. Staten	460,-	50,7	57,8

Tot completering van het overzicht moeten we dan nog eens naast elkaar schrijven welke percentages van het nationale inkomen in verschillende landen aan kernenergie worden besteed.

Als basis is genomen het Nationaal Inkomen in 1956 tegen factor-kosten.

Met behulp van het hier gegeven cijfermateriaal kunnen wij nu trachten een min of meer duidelijke conclusie te bereiken omtrent de Nederlandse inspanning terzake van de kernenergie in de komende jaren.

Tabel VI.

Gelden voor kernenergie in % Nationaal Inkomen.

	1955	1956	1957	1958	1959
Engeland	0,33	0,33	0,41	0,60	—
Frankrijk	0,25	0,40	0,40	0,40	—
België	0,05	0,05	0,14	0,14	0,14
Zwitserland	—	—	—	0,06	0,09
Zweden	—	0,08	0,14	0,29	—
Nederland	—	0,01	0,03	0,04	0,06
Noorwegen	0,01	0,02	0,03	—	—
West-Duitsland	—	—	0,05	0,07	0,08
Ver. Staten	0,30	0,37	0,53	0,64	0,72

In een vrij recent artikel heeft Drs. J. C. Gerritsen de omvang van het onderzoekswerk in Nederland geanalyseerd. Zijn cijfers hebben betrekking op de jaren 1955 en 1956, en zijn dus niet de meest moderne, die verkrijgbaar zouden zijn; van de andere kant bezien gaat het ons hier niet om het afleiden van exacte getallen, maar om het vinden van wat met een, sedert jaren als verrijking van de Nederlandse taal geaccepteerd, mode-woord als „trend” wordt aangeduid.

In tabel VII staat aangegeven hoe in een vijftal landen de totale uitgaven voor wetenschappelijk onderzoek lagen als percentage van het nationale inkomen, terwijl in tabel VIII voor een enkel jaar een na-

Tabel VII.

Totale uitgaven voor wetenschappelijk onderzoek als percentage van het nationale inkomen (tegen factorkosten). (referentie 1).

	1947	1951	1955		Totaal
			Civiele research	Militaire research	
Nederland	0,3	1,0 a)	1,0	0,02	1,0
Groot Britannië	1,0	1,4	1,0	1,0	2,0
Verenigde Staten	1,1	1,2	1,1 b)	0,6 b)	1,7
West-Duitsland	—	0,5	0,7 c)	0,0 c)	0,7 c)
Sovjet Unie	1,7	—	—	—	—

a) Jaar 1950.

b) Jaar 1953; voor civiele research varieert het percentage op basis van gegevens van uiteenlopende bronnen tussen 0,9 en 1,4.

c) Jaar 1954.

dere verdeling van die percentages is gegeven in bijdragen van het bedrijfsleven en van anderen, waarbij onder „anderen” verstaan wordt de overheid, de semi-overheid en particuliere instellingen.

Tabel VIII.

Totale uitgaven voor wetenschappelijk onderzoek van bedrijven en anderen als percentage van het nationale inkomen (tegen factorkosten). (referentie 1).

	Jaar	Bedrijven	Anderen a)	Totaal
Nederland	1950 en 1955	0,6	0,4	1,0
Groot Brittannië	1955	0,4	1,6	2,0
Verenigde Staten	1953	0,7	1,0	1,7
West-Duitsland	1954	0,5	0,2	0,7

a) Overheid, semi-overheid en particuliere instellingen.

En hoe staat het nu met ons land vergeleken met andere landen? In de eerste plaats lijkt mij, dat men de bedragen, die in verschillende landen per hoofd van de bevolking, of — zo men wil — in procenten van het Nationale Inkomen, aan onderzoek besteed worden, slechts mag vergelijken op basis van de industriële bedrijvigheid in die landen. Bij een verdere verfijning zou men bovendien moeten onderscheiden naar de aard van de bedrijvigheid, omdat daardoor de omvang van het benodigde onderzoek wordt bepaald. Wij zullen die taak echter aan welwillende economen overlaten, en bij vergelijking van ons land met de Verenigde Staten de verhouding van de industriële omzet als sleutel gebruiken.

Als tweede opmerking zou ik willen stellen, dat de mate, waarin geld besteed wordt aan onderzoek, sterk afhangt van de gewenste mate van industrialisatie van een land. Indien het daarmee ernstig is gemeend, zal men dienen in te zien, dat een eigen industrie van enige importantie op eigen onderzoek en ontwikkeling moet steunen, en zich niet kan vergelijken met, zoals bijvoorbeeld in ons land zeer lang de praktijk kon zijn, het uitvoeren in licentie. Het accepteren van deze consequentie houdt in, dat men niet ná iedere stap op de weg van de industrialisatie een stap moet zetten op het pad van onderzoek en ontwikkeling, maar juist daarvóór. Met andere woorden, *men moet een ensemble van onderzoek en ontwikkeling scheppen als basis voor de te grondvesten industrie.*

In het kader van de globale vergelijkingen, die ik hedenmiddag kan geven, kunnen wij nu de volgende resultaten formuleren. In Nederland

werd in 1955 ca. 200 miljoen gulden aan onderzoek besteed, waarvan ca. 120 miljoen door bedrijven en ca. 80 miljoen door de overheid, dat is respectievelijk 0,6 en 0,4 procent van het nationale inkomen. Van de gelden, door de bedrijven gefourneerd, komt — zoals de heer Gerritsen in zijn boven aangehaald artikel terecht opmerkt — het overgrote deel op rekening van enkele internationale concerns, die in ons land een deel van hun onderzoek concentreren. De genoemde 0,4%, welke door de Staat wordt gefourneerd, is, zeker in vergelijking met de Verenigde Staten en Groot-Brittannië, ca. een factor 2 te laag, vooral als men rekening houdt met het industrialisatie-programma van ons land. In de Verenigde Staten werd in 1955 ca. 17 miljard gulden aan onderzoek uitgegeven, waarvan ca. 4,1 miljard aan kernenergie, dat is bijna 25%. Een overeenkomstig percentage in Nederland zou, op basis van de getallen voor 1955, leiden tot de jaarlijkse besteding van ca. $0,25 \times 200$ miljoen gulden, is 50 miljoen gulden. Rekent men alleen met de overheidsgelden voor onderzoek ad 80 miljoen, dan zou ca. f 20 miljoen per jaar naar kernenergetisch onderzoek gaan. Rekening houdend met het zo juist genoemde feit dat de overheid in feite twee maal zoveel aan onderzoek zou dienen te besteden als zij thans doet, zou dit bedrag f 40 miljoen moeten bedragen op basis van het nationale inkomen in 1955.

De andere rekenwijze, nl. het hanteren van de verhouding tussen de jaarlijkse industriële omzetten van de Verenigde Staten en Nederland, leidt tot een jaarlijkse besteding in Nederland van ca. f 50 miljoen voor de kernenergie op basis van de getallen voor 1955.

De beide methoden leiden dus tot goed vergelijkbare getallen voor de wenselijke bedragen voor onderzoek en ontwikkeling van kernenergie in Nederland. Voor de zuivere reactorontwikkeling zou ca. 15% ofwel 7 à 8 miljoen gulden per jaar gerechtvaardigd zijn. Een korte blik op tabel IV waarin de in werkelijkheid door de Nederlandse overheid aan kernenergie bestede bedragen zijn opgenomen, is voldoende om U te doen inzien, dat ons land op de weg naar kernenergetische industrialisatie nog maar een klein eindje is gevorderd. Van de andere kant is het, gezien de haalbare bedragen, duidelijk waar onze beperkingen liggen. De ontwikkeling van nieuwe reactortypen kan, zoals wij hebben gezien, per type bedragen van de orde van grootte van een miljard vergen. Zulke uitgaven zijn alleen geoorloofd, wanneer men er iets van minstens even grote waarde voor terug krijgt, uitgedrukt in geld of in andere factoren. Men moet een rotsvast geloof hebben in de op te bouwen patentpositie en een onverstoorbare zonnigheid wat betreft de waardering van de afzetmogelijkheden van het nieuwe reactortype, om een

dergelijk ontwikkelingsproject te entameren. Ontwikkeling van productie-technologie, van onderdelen van kernreactoren, van apparaten, en aanpassing aan de eisen, welke de kerntechniek ten aanzien van kwaliteit en precisie aan de fabrikanten stelt, is daarentegen een doel, dat wel degelijk bereikbaar is.

Zoals ik reeds eerder zei, dient verstandige industrialisatie te stoelen op passende onderzoek- en ontwikkelingsactiviteit. Daarvoor moet in het algemeen aan twee voorwaarden worden voldaan. Ten eerste moet er een universitaire traditie zijn, in stand gehouden in het kader van het Hoger Onderwijs, in een centrum, waar de theorie naast het experimentele onderzoek beoefend wordt. Valt zulk een traditie weg, dan is vaak ook de corresponderende industriële tak van bedrijvigheid in verval. Een voorbeeld hiervan in Nederland wordt geleverd door het verval van het vak „pompen en ventilatoren” aan de technische hogeschool.

Wegvallen van het onderzoek in theorie en experiment betekent industrieel stilstand in de ontwikkeling en afhankelijkheid van licenties.

De tweede voorwaarde waarop ik doelde, is de beschikbaarheid van goed geschoolde onderzoekers. In het U allen welbekende rapport van de Commissie Kramers (Commissie Opleiding Deskundigen voor de Kernphysica, Kernenergie en haar Toepassingen, 1957), wordt berekend, dat jaarlijks ca. 80 academici op het terrein van kernphysica en kerntechniek tewerkgesteld zullen worden. Hiervan zouden er ca. 45 afkomstig zijn van de Technische Hogescholen.

Voor het onderzoek op het terrein van de kernenergie is in ons land het Reactor Centrum Nederland in het leven geroepen; met de opleiding van kerntechnisch geschoolde ingenieurs heeft de Technische Hogeschool te Delft zojuist een aanvang gemaakt. Wat betreft *deze* Technische Hogeschool, te Eindhoven, zal de kerntechniek primair behandeld worden vanuit het gezichtspunt van de warmte-overdracht. Van alle, talloos vele, problemen, die de kerntechniek op allerlei vakgebieden opwerpt, zullen wij ons juist richten op het hart van de zaak, de extractie van de warmte uit de kernreactor. Het is hier, dat een van de meest essentiële vraagstukken ligt, een vraagstuk, dat in ieder geval moet worden opgelost om de kernreactor een economisch bestaansrecht te geven: het verkrijgen van een zo hoog mogelijke warmte-productie per eenheid van volume. Juist op dit terrein van de warmtetechniek zal voor de ontwikkeling van de kerntechniek zeer veel en zeer belangrijk denkwerk met de handen moeten worden verricht.

* * *

Het zij mij vergund hier aan *Hare Majesteit de Koningin* mijn eerbiedige dank te betuigen voor mijn benoeming tot hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Eindhoven.

Mijne Heren Curatoren,

Het vertrouwen, dat Gij mij hebt willen schenken door mij ter benoeming voor te dragen, heeft op mijn schouders de taak gelegd dit vertrouwen volledig te honoreren. In de eerste plaats geldt dit de opbouw van het onderwijs in de sector warmtetechniek van de afdeling der Werktuigbouwkunde, evenzeer echter de opbouw van een onderzoeks-activiteit in het laboratorium, tot bijdrage aan het verkrijgen van de positie, die in de technische ontwikkeling van onze samenleving aan een Technische Hogeschool toekomt. Mij aan Uw verwachtingen ten deze volledig te conformeren, zal het doel zijn van mijn inspanningen voor deze Hogeschool.

Mijne Heren Hoogleraren en Adviseurs,

Met recht heb ik het als een grote eer gevoeld opgenomen te worden in een gezelschap, dat met zulk een bekwaamheid, toewijding en voortvarendheid werkt aan de tot standkoming van het technisch hoger onderwijs in Eindhoven. De besommeringen van de bouw en van de organisatie van het onderwijs zijn haast overweldigend; dat Gij daarnaast de tijd en aandacht vindt om zich te wijden aan de problemen van Uw collegae is zeer bewonderenswaardig. De soepele en bereidwillige wijze, waarop Gij mij tegemoet bent getreden, vervult mij met erkentelijkheid.

In deze periode van opbouw, waarin van de vele centripetale en centrifugale krachten, die in een hogeschoolgemeenschap werkzaam kunnen zijn, de eerst genoemde zo duidelijk overwegend zijn, met U te mogen medewerken, waardeer ik zeer bijzonder.

Mijne Heren Collegae van de Afdeling der Werktuigbouwkunde,

De zeer vriendschappelijke en bovenal behulpzame wijze, waarop Gij mij in Uw kleine kring van enthousiaste werkers hebt opgenomen, heeft mij zeer getroffen. Een teamgeest en een ploegverband zoals door U gedemonstreerd kan niet falen de meest verstokte aanhanger van het betaald voetbal met weemoedige naijver het hoofd te doen schudden.

Hoe belangrijk de aanwezigheid van een goede aanvoerder is, wordt ook bij Uw spel duidelijk in het licht gesteld. De wijze, waarop Gij, waarde Schmid, met nooit verminderend enthousiasme de zware taak van aanvoerder vervult, wekt mijn diepe bewondering. Mijn vergelijking met het voetbalelftal wordt wel scheef, wanneer ik Uw taken in dat kader probeer te vertalen: beurtelings de aanval leiden en successen scoren, tegenacties anticiperen en de verdediging organiseren, en tenslotte zelfs het doel verdedigen.

De visie, waarvan Gij beiden, waarde Schmid en waarde Veenstra, hebt blijk gegeven, toen Gij onderkendet, dat de kerntechniek in de technische samenleving van morgen een onontkoombare realiteit zal zijn, is tekenend voor Uw allure. Voor Uw voortdurende steun bij de reeds begonnen verwerkelijking van mijn denkbeelden omtrent het onderzoek op het gebied van de kernenergetische warmtetechniek, kan ik U niet genoeg dankbaar zijn.

Dames en Heren leden van de Wetenschappelijke, Technische en Administratieve staf,

Ook Uw toewijding aan de zaak van deze Hogeschool wil ik hier gaarne vermelden. Voor de hulp, die ik in de afgelopen tijd reeds van U mocht ondervinden, ben ik U dankbaar, en ik heb omtrent onze verdere samenwerking de allerbeste verwachtingen.

Mijne Heren Directeuren van de N.V. De Bataafsche Petroleum Mij.,

Gaarne betuig ik mijn erkentelijkheid voor de prettige en ongemeen leerzame wijze, waarop ik als employé van de N.V. onder Uw directie heb mogen werken. Gedurende die tijd heb ik ook op alleraangenaamste wijze contact gehad met U, Hooggeleerde Van Dijck, en met U, Hooggeachte Ir. J. H. Vermeulen, wier stimulerende interesse voor de kern-energie mij tot grote steun is geweest.

Mijne Heren Directeuren van het Reactor Centrum Nederland,

In de vaak zeer moeilijke jaren, waarin ik met U heb mogen samenwerken aan de opbouw van het RCN, heb ik ampel de gelegenheid en het voorrecht gehad met Uw goede kwaliteiten kennis te maken. Vooral aan U, Hooggeachte Drs. W. Reyseger, wil ik bij deze gelegenheid gaarne mijn dank betuigen voor de consequente en niet-aflatende steun, welke Gij als directeur aan Uw afdelingschef hebt willen geven.

Mijne Dames en Heren Medewerkers van de Afdeling Beoordeling en Ontwerp van het Reactor Centrum Nederland,

Het feit, dat ik mij eerst op zulk een late plaats in mijn reeks tot U kan richten, houdt zéker geen verband met de mate, waarin ik mij gedrongen voel uiting te geven aan mijn behoefte U te danken voor Uw voorbeeldige loyaliteit, toewijding en teamgeest. Het is met trots, dat ik Uw afdeling van het RCN ook mijn afdeling noem. De bekwaamheid, die Gij allen, jonge mensen, zich in het nog korte bestaan van onze afdeling hebt verworven, wettigt de verwachting, dat veel en belangrijk werk door Uw handen zal gaan.

Hooggeleerde Milatz,

Sinds ik in 1949 het terrein van de kernenergie betrad, heb ik veel kerntechnisch lief en leed met U gedeeld. Dat de kernenergie in Nederland tenminste van de grond is gekomen, is voor een overgroot deel Uw verdienste. Dat het tempo van de ontwikkeling niet is kunnen zijn wat het had moeten zijn, is aan velerlei factoren te wijten. Onmiskienbaar is, dat Uw visie op de betekenis van de kerntechnische ontwikkeling in ons land ook nu nog door slechts zeer weinigen naar waarde wordt geschat.

Dames en Heren Studenten,

Gij hebt in mijn voordracht van hedenmiddag een groot aantal cijfers horen noemen, haast alsof Gij een college in plaats van een intree-rede aanhoordet. De strekking van mijn betoog echter zal U niet zijn ontgaan, namelijk aan te tonen hoeveel denken met de handen er, ook in ons land, op het gebied van de kerntechniek moet worden verricht, en te schetsen op welk onderdeel van de kerntechniek ikzelf hier met U mijn aandacht hoop te richten.

In de aanvang van mijn rede heb ik, in het kielzog van de Rougemont, gesproken over de brug, die geslagen moet worden om van de gedachte of de inval te geraken tot de uiteindelijke technische vormgeving daarvan. Wij hebben vervolgens getracht na te gaan wat de omvang van deze brug is, met name op het gebied van de kernenergie. Die beschouwingen zou ik macroscopisch willen noemen, het object in het groot beziende. Maar er is alle reden om ook een microscopische beschouwingwijze op te zetten, waarbij we niet nagaan hoeveel geld en tijd er in de ontwikkeling van een techniek of een tak van industrie gestoken wordt,

maar wat een enkeling moet doen om aan zijn eigen opdracht of zijn eigen idee de technisch juiste uitdrukking te geven. Dat is de scheppende arbeid, die de pottebakker verricht om de vaas te modeleren, die hij voor zijn geestesoog ziet, die de proces-ingenieur verricht als hij zijn proces-schema op papier zet, die de constructeur verricht als hij aan het tekenbord staat, die de experimentator verricht, als hij naar de gunstige conditie zoekt voor warmte-extractie uit een kern-reactor. Het spreekt vanzelf, dat er aan een aantal essentiële voorwaarden moet zijn voldaan wil zulke arbeid vrucht kunnen dragen: kennis van de fundamentele verschijnselen, beheersing van de noodzakelijke methodieken, visie op het werk, werklust, zelfkritiek. Laten wij, op dit punt gekomen, terugkeren tot wat de Rougemont ons voorhoudt als de criteria van het denken met de handen, criteria, waaraan ik zo nu en dan mijn eigen interpretatie toevoeg.

- ten eerste: *realisme*;
- ten tweede: *geweld*, of liever: consequent radicalisme, dat geen genoegen neemt dan met het beste;
- ten derde: *gezag*, het durven stelling nemen en de ingenomen stelling handhaven;
- ten vierde: *liefde tot het risico*, leven met de berekende kans;
- ten vijfde: *oorspronkelijkheid*, het durven verlaten van platgetreden paden;
- ten zesde; *soberheid*; goed werk heeft van zich zelf voldoende trefvermogen;
- ten zevende: *fantasie*, de moeder van de inspiratie;
- ten achtste: *stijl*, niet in de vorm van aangemeten manieren, maar „geboren uit zuivere hartstocht om zich in te zetten”.

Als negende criterium zou ik willen toevoegen: *eerlijkheid tegenover zichzelf zowel als ten opzichte van het werk*.

Diegenen van U, die de richting der Werktuigbouwkunde gaan kiezen, zullen allen in het zesde semester met mij in aanraking komen in verband met de conventionele warmtetechniek; diegenen, die verder gaan in de richting van de zogenaamde „warme werktuigbouwkunde” zullen in het 7e en 8e semester via de warmtetechniek kennis maken met de reactortechniek en reactorbouw. Degenen tenslotte, die in de warmtetechniek willen afstuderen, zullen kunnen kiezen tussen de conventionele keteltechniek en de reactortechniek. Ik kan U niet beloven, dat de warmtetechniek een eenvoudig vak voor de eindstudie zal zijn, intege-

deel, er zal in deze richting misschien wel meer van U geëist worden dan in sommige andere richtingen. En ik wil U nog wel verder afschrikken: ik wil U voorspellen, dat van U geëist zal worden ijver en toewijding, werklust en intelligentie, eerlijkheid en stijl in het werk. Het U mogelijk, misschien zelfs relatief gemakkelijk te maken aan al die eisen te voldoen, daarvoor wil ik mij gaarne tezamen met U inspannen. Van de goede samenwerking tussen ons hangt het af of wij zowel de vorming van ingenieurs als het toegepaste wetenschappelijk onderzoek aan deze Technische Hogeschool tot een succes zullen maken.

Ik dank U voor Uw aandacht.

ENKELE REFERENTIES

1. J. C. Gerritsen, „De omvang van research in Nederland en elders”. T.N.O.-Nieuws 12 (1957) 557.
2. Denis de Rougemont, „Denken met de Handen”, Holland, Uitgevers Mij., Amsterdam, 1948.
3. Commissariat à l’Energie Atomique, 1945—1958; Paris, 1958.
4. „Hearings before subcommittees of the Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States, 58th Congress, 1st Session on „Progress report on naval reactor program and Shippingport project”, March 7 and April 12, 1957”. U.S. Govt. Print. Off. Washington, 1957.
5. Progress in Peaceful Uses of Atomic Energy, July-December 1957, U.S. Atomic Energy Commission. U.S. Government Printing Office, Jan. 1957.
6. A. Rossignol, „Le financement de l’énergie atomique aux Etats-Unis”, l’Age nucléaire, 1957, no. 6, p. 24/25.
7. G. Sarton, „A History of Science”, Harvard Univ. Press, Cambr., 1952.
8. Rapport Commissie Opleiding Kernphysica en Kernenergie en haar Toepassingen bijlage bij de Nota Inzake Opleiding op het Gebied van de Atoomenergie van de Minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, Zittingsjaar 1958—1959, II, 5300 VI 16.