

Fundamenteel en toegepast, analyse en constructie

Veenstra, P.C.

Gepubliceerd: 01/01/1958

Document Version

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the author's 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](#)

Citation for published version (APA):

Veenstra, P. C. (1958). Fundamenteel en toegepast, analyse en constructie. Eindhoven: Technische Hogeschool Eindhoven.

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 ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Bibliotheek
T. H. ENDRHOVEN

FUNDAMENTEEL EN TOEGEPAST,
ANALYSE EN CONSTRUCTIE

Dr. P. C. VEENSTRA

FUNDAMENTEEL EN TOEGEPAST, ANALYSE EN CONSTRUCTIE

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN
HET AMBT VAN GEWOON HOGLERAAR IN DE
WERKTUIGBOUWKUNDE AAN DE
TECHNISCHE HOGESCHOOL TE EINDHOVEN

OP DINSDAG 7 OKTOBER 1958

DOOR

Dr. P. C. VEENSTRA

Centrale Reproductieafdeling
Technische Hogeschool Eindhoven

De typografische verzorging van deze inaugurele rede is geschied door de afdeling reproductie van de centrale technische dienst der technische hogeschool te Eindhoven en zij hiermede door curatoren dezer technische hogeschool gaarne aangeboden aan prof. dr. P.C. Veenstra uit erkentelijkheid voor de diensten aan de technische hogeschool bewezen als waarnemend directeur van de centrale technische dienst.

*Mijne heren Curatoren,
Mijne heren Leden van de Senaat,
Mijne heren Adviseurs,
Mijne heren Leden van de Wetenschappelijke en Technische Staf,
Studenten van deze Technische Hogeschool
en voorts Gij allen, die door Uw tegenwoordigheid
van Uw belangstelling blijk geeft,*

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Het is mijn doel om hedenmiddag, bij de aanvaarding van mijn ambt als hoogleraar in de afdeling der werktuigbouwkunde, maar met een leeropdracht welke betrekking heeft op een randgebied van deze technische wetenschap, voor U allereerst een beeld te schetsen van de werktuigbouwkunde gezien vanuit dat randgebied.

Tevens wil ik nagaan, op welke gemeenschappelijke fundamenteen de werktuigbouwkunde in zijn geheel en de werkplaatstechniek als begrensd vakgebied, in hun wetenschappelijke beginselen steunen. Welke zijn de wortels, die de werktuigkundige wetenschap en het werk in het deelgebied zonder vertakkingen gelijkelijk voeden? Vanzelfsprekend is bij een beschouwing van deze aard en vanuit het reeds gedefinieerde standpunt, subjectieve beoordeling niet te vermijden. Het moge echter zo zijn, dat het gekozen onderwerp: "Fundamenteel en toegepast, analyse en constructie", de vele relaties welke bestaan tussen de werktuigbouwkunde enerzijds en anderzijds de randgebieden welke reeds gestalte verkregen hebben, maar ook die welke onder de drang van de snelle technische ontwikkeling wordende zijn, in het licht stelt.

Van mijn zeer gewaardeerde leermeester MILATZ stamt de uitspraak: "vrijwel alle industriële producten van vandaag berusten op toegepast onderzoek van gisteren, en dat berust op zijn beurt weer op zuiver wetenschappelijk onderzoek van eergisteren".

Hij lichtte dit gaarne toe met een voorbeeld: "de radio van vandaag berust op de op toepassing gerichte proeven van MARCONI en HERTZ

enige tijd terug, en deze proeven berusten op het zuiver wetenschappelijk werk van mannen als FARADAY en MAXWELL, dat daaraan vooraf ging."

Een werktuigkundig analogon is U allen bekend: de stoomtechniek van heden berust ten dele op het toegepaste werk van NEWCOMEN en CALEY, en vooral op dat verricht door JAMES WATT, terwijl namen als FAHRENHEIT, CELSIUS, GAY-LUSSAC, KELVIN, MAYER, HELMHOLTZ, JOULE en CARNOT in de historie tot begrippen zijn geworden.

Ook in de modernste ontwikkelingen van de warmtetechniek is deze parallel te trekken: de constructie van de CALDER-HALL centrales berust op het registrogram dat FERMI op 2 december 1942 met behulp van de reactor CP-1 te Chicago verkreeg, terwijl daar het fundamentele werk van hemzelf, van BECQUEREL, de CURIE'S, SODDY, RUTHERFORD, THOMSON, BOHR, PLANCK, DE BROGLIE, EINSTEIN, CHADWICK, de JOLIOT-CURIE'S en HAHN aan vooraf ging.

Opsommingen van deze aard kunnen velerlei verschillend doel hebben.

Zo kunnen zij, uitgaande van de erkenning dat de uiteindelijke behoefte aan "het industriële produkt" in onze samenleving bestaat, dienen om de noodzaak tot het verrichten van toegepast werk aan te tonen. Hieruit volgt dan op zijn beurt weer de noodzaak tot het uitvoeren van fundamenteel speurwerk en nog meer direct de noodzaak tot het beschikbaar stellen van de fondsen daartoe.

Thans echter wil ik deze stelling, dat er een continue stroom van informatie bestaat vanuit het fundamentele gebied via het terrein van het toegepaste onderzoek naar dat van de industriële produktie, gebruiken als aanloop voor het bereiken van het in de aanhef gestelde doel.

Mijn betoog wordt daardoor in zekere zin gebaseerd op het geloof in de juistheid van de allereerste premisse: het bestaan van een behoefte aan het industriële produkt. Maar in dit zelfde geloof is onze technische hogeschool gesticht, vindt thans met vereende krachten de uitbouw plaats en zal straks, naar wij allen hopen, een bloeiend instituut bestaan, waarin de industriële produktie mede zijn wortels vindt.

De vraagstelling is nu allereerst geworden: hoe is het mogelijk, dat een conceptie welke op de fundamentele voedingsbodem is gekieemd, op de toegepaste bodem overgeplant kan worden om daar tot ontwikkeling te komen, om tenslotte in het klimaat van het bedrijfsleven tot bloei te geraken?

Wat hebben de werkers in deze drie gebieden gemeen in methodiek en denkwijze, waar hun gezamenlijk streven uiteindelijk vrucht draagt?

Het probleem zou op uitermate eenvoudige, maar op bijzonder onbevredigende wijze af te doen zijn door op te merken, dat alle technische en ingenieurswetenschappen tenslotte toegepaste fysica zijn. De eenvoud van een dergelijke uitspraak is duidelijk, maar het onvoldoende zijn nog meer.

Het is immers wellicht juist te veronderstellen, dat het karakter van een wetenschap – zij het in het fundamentele gebied of in het technisch-toegepaste gebied – een afgeleide grootheid is. Het is geen op zichzelf bestaand, dus als zodanig gegeven iets. Integendeel zijn het mensen, die deze wetenschappen maken, beoefenen en dragen, en het ligt voor de hand om aan te nemen, dat het karakter van een wetenschap tenminste beïnvloed zal worden door de aard of de bijzondere gerichtheid van zijn beoefenaren.

Indien er verschillen of overeenkomsten bestaan ten aanzien van de methoden en – met een groot woord – de filosofie van de fundamentele wetenschappen enerzijds en de toegepaste wetenschappen anderzijds, zullen deze tenminste gecorreleerd zijn met verschillen en overeenkomsten ten aanzien van de beoefenaren.

Als vanzelfsprekend worden in de verschillende gebieden van wetenschap en techniek onderscheiden de theoreticus, de researchwerker en de ingenieur. Deze differentiatie is gegroeid uit de specifieke aanleg en aard van ieder van deze drie typen van wetenschapsbeoefenaren.

Het is echter vanuit deze zo moeilijk scherp te definiëren zaken als menselijke gerichtheid en geaardheid, dat gebieden van wetenschap als het fundamenteel-natuurwetenschappelijke, het experimenteel-wetenschappelijke en het toegepast-technische zijn gegroeid.

Willen we dus een antwoord op onze eerste vraagstelling benaderen, dan lijkt het nuttig om thans eerst onze drie wetenschapsbeoefenaren in hun gebied gade te slaan.

De natuurwetenschappelijk theoreticus en evenzo de experimentator, vinden de uiteindelijke bron van hun problemen of van hun deelproblemen in natuurlijke fenomenen. Het is om deze reden, dat het door hen geschapen gebied van wetenschap fundamenteel is te noemen. In feite houdt dit in, dat zij streven naar het bereiken van een enkel doel: het scheppen van een beeld van de stof.

Het is dan ook niet zo verwonderlijk, dat in de natuurwetenschappen

een vaste lijn van ontwikkeling te herkennen is. Het is een lijn, waarvan de helling bepaald wordt door incidentele geniale concepties, de ontwikkeling van het mathematische apparaat en de vooruitgang van de experimentele techniek. Ten aanzien van de ligging van het eindpunt is zelfs geen speculatie te wagen.

Het gestelde enkelvoudige doel brengt tevens met zich, dat er een sterke tendentie is naar het ontwikkelen van eenduidige theorieën en oplossingen, dat er een afkeer is van de benadering en het compromis en een gevoel van *onbehagen bij het optreden van dualisme*. Het karakter van het werk in het fundamentele gebied is hiermede toch wel in een zeer extreme vorm gekenschetst. Niet altijd is dit werk zo direct op het allerhoogste doel gericht en lang niet altijd blijven de doelstellingen zo onveranderlijk.

Hoe vaak opent een zijweg in het onderzoek niet betere perspectieven dan eerst werd vermoed en hoe vaak wordt op grond hiervan de oorspronkelijke doelstelling in een deelprobleem van het onderzoek gewijzigd?

Hierop is dan ook de bekende uitspraak van HOLST, dat het speurwerk een loterij zonder neten is, gebaseerd.

Maar al met al scheppen de fundamentele werkers in hun gebied een andere atmosfeer dan heerst in het gebied van het toegepaste werk en dat van de ingenieurswetenschappen.

Dit verschil komt voort uit een faktor, welke tot dusverre buiten beschouwing is gebleven: de tijd.

De werker in het toegepaste gebied en de ingenieur hebben tot taak om op zo kort mogelijke termijn althans voldoende oplossingen voor hun problemen in hun geheel te concretiseren.

Zij bedrijven immers in hoofdzaak techniek. Dit houdt in, dat zij de kunde ontwikkelen om met stoffelijke middelen te voorzien in de directe behoeften van de mensheid. Of, niet gezien als tegenstelling tot het streven van de fundamentele wetenschappen, maar veel meer als complement daarvan: zij pogen de stof te bewegen en te bedwingen met het doel de mensheid te dienen. Het is deze definitie, welke – zeker in deze technische hogeschool – zonder gevaar gehanteerd kan worden.

Echter het ontwikkelen van de kunde, noch het bedwingen van de stof, mag zoveel tijd nemen dat de te dienen mensheid intussen verkommert.

Het is de tijdsfaktor, die het meest diepgaande verschil tussen de werkwijzen in de fundamentele wetenschappen en de toegepaste wetenschappen induceert. De werker in het eerste gebied heeft in het algemeen de tijd voor een min of meer volledige analyse van zijn

probleem, hij heeft de tijd om waar hij kan partiële en fractionele oplossingen te beproeven, om tenslotte een zo compleet mogelijke oplossing samen te stellen.

Het is deze fundamentele werkwijze, welke in een fysische dissertatie van enige jaren geleden aanleiding gaf tot de stelling: "in sommige gevallen kan de regel **eerst doen en dan denken** vruchtbare resultaten opleveren voor de experimentele fysicus".

Natuurlijk is hier geenszins mede bedoeld te zeggen, dat deze uitspraak in zijn brute vorm een karakterestiek voor het ingenieurswerk zou vormen, maar wel dat realisering op korte termijn waardevol is. In het gebied van de toegepaste en technische wetenschappen blijft de technische realisering, welke veelal – in tegenstelling tot de fundamentele werkwijze – een a priori gestelde, voldoende oplossing materialiseert, primair.

Deze werkwijze nu kan tot gevolg hebben, dat het theoretisch inzicht achterblijft bij de technische ontwikkeling en dat de fenomenologie te zeer gaat overheersen. Het gevaar, dat hierin schuilt, is dat in feite identieke of nauw verwante problemen niet als zodanig worden herkend en daarom niet uitgaande van een gemeenschappelijke kern worden opgelost.

Het is daarom vaak moeilijk om een vaste lijn van ontwikkeling, welke door het gehele gebied van toegepaste en technische wetenschappen loopt, als zodanig te herkennen.

Toch streven onze drie wetenschapsbeoefenaren, hoezeer de atmosfeer van hun vakgebieden ook moge verschillen, uiteindelijk eenzelfde, of althans een analoog doel na.

De fundamentele werker poogt om uit de wisselwerking tussen een veelheid van experimentele gegevens en een min of meer geevolueerde theorie, welke soms niet meer dan een werkhypothese is of soms zelfs een fictie, een verklaring te vinden voor de fenomenen van de natuur.

Met behulp van zijn mathematisch arsenaal construeert hij een theorie, hij scheidt constructies.

De meest principiële taak van de ingenieur en zeker van de werktuigkundig ingenieur, is geen andere. Uit een veelheid van gegevens, steunend op de basis die vooral de mechanica hem verschaft en onder gebruikmaking van de kracht van de wiskunde, brengt hij de constructieve conceptie tot stand.

Het is duidelijk, dat het begrip constructie hier niet alleen in zijn engere betekenis van de materiele realisering wordt gebruikt. Hier wordt het gehele proces bedoeld, in hoofdzaak een proces van de

geest, dat zich afspeelt voor dat het uiteindelijke tastbare resultaat wordt bereikt.

In deze zin gezien is het standpunt te verdedigen, dat de lijn welke door alle takken van wetenschap loopt en waardoor zij zijn verbonden, de lijn is, waarlangs een afgerond beeld van een geheel onstaat. Het is de lijn, waarlangs een constructieve vormgeving tot stand komt.

Nu staat de constructie niet alleen. Hij gaat hand in hand met en hij ontleent zelfs zijn gang aan de analyse. Het is de analyse, welke een samengesteld probleem in een aantal eenvoudiger te hanteren fragmenten ontleeft en vooral laat de analyse toe te onderkennen in welke orde deze fragmenten voor het totale probleem van belang zijn. Uitgaande van deze basis kunnen bepaalde fragmenten in de gewenste richting worden ontwikkeld, waarbij ervaring en feitenkennis, theoretisch inzicht en wiskundige vaardigheid samenspelen. De hierop volgende synthese vormt dan in feite de grondslag voor de constructie.

U ziet, dat in deze gedachtengang, hier naast dingen van andere waarde, de kennis van feiten en gegevens, zoals deze voortkomen uit werk in het eigen gebied, maar ook zoals deze het eigen gebied binnenstromen vanuit andere gebieden van wetenschap, van essentieel belang wordt geacht. Deze kennis moet worden genoemd als een voorwaarde om tot het bereiken van de constructie of, zo men wil, het bedrijven van wetenschap te geraken.

Vanzelfsprekend houdt deze feitenkennis op zichzelf, zelfs indien deze wordt uitgebreid tot de kennis van grotere complexen, geen wetenschap in. Maar toch, indien het ideaal voor ogen staat, dat de ingenieur en zeker de werktuigkundig ingenieur, in de eerste plaats een constructeur zal zijn, kan en mag de werktuigbouwkunde de feitenleer niet ontberen. Het feitenmateriaal blijft een van de hulpmiddelen welke tot de analyse voert en dus uiteindelijk tot de constructie.

Het blijft echter een van de hoofdtaken van het hoger onderwijs, waarin de ingenieur zijn opleiding verkrijgt, te demonstreren dat uit een veelheid van fenomenen algemeen geldende wetmatigheden te verkrijgen zijn. Het is de taak van de werktuigbouwkundige opleiding te demonstreren dat uit de veelheid van gegevens de constructie voortkomt, in de zin van een synthese na voorafgaand analytisch werk.

De werktuigkundig ingenieur zal zich zo realiseren, dat geaccumuleerde kennis slechts op zeer partiële wijze een direct middel vormt

voor de oplossing van zijn problemen. Maar evenzeer, dat systematische analyse als voorbereiding voor een constructie, vruchtbaar is. De analyse reduceert het aantal varianten en maakt de fenomenologie tot een waardevol hulpmiddel. Uiteindelijk leidt de analyse tot het opsporen van gemeenschappelijke kernen van fundamentele aard in problemen van verschillende soort.

Geachte toehoorders,

U ziet, dat ik thans, na voorbereidingen welke vooral dienden om het standpunt van beschouwen te verduidelijken, op het gebied van de werktuigbouwkunde aangeland ben.

Laten we nu veronderstellen, dat de overtuiging bestaat, dat het kenmerk van het werktuigkundige werk het constructieve element, in de ruime interpretatie is. Dan blijft het desondanks de meest primaire taak van het werktuigkundige werk om de "klassieke" constructie, de materiele realisering van objecten, tot stand te brengen.

Hier raken filosofische overwegingen nu veelal op de achtergrond. Het zijn de deugdelijkheid en de functionele hoedanigheden, welke naast factoren als kostprijs en tijd, thans hun rol spelen.

Daarnaast staat het feit, dat "het werktuig" in zo vele verschillende gebieden van techniek en wetenschap toepassing vindt. Dat brengt met zich, dat het terrein van de werktuigbouwkunde zeer breed is, zo breed zelfs, dat in de zuivere werktuigbouwkunde twee grote deelgebieden zijn te onderscheiden welke in de praktische uitwerking elkaar slechts op enkele punten raken. Zij zijn de werktuigbouwkunde welke zijn wortels vindt in de mechanica en de fysica van de warmte en de stroming en de werktuigbouwkunde berustend op de mechanica en de dynamica van de bewegende massa.

Dit zo brede front van de werktuigbouw, zoals dat in de loop van de historie is gegroeid en dat ook thans nog verder verbreed wordt, is eerder de zwakheid dan de sterkte van dit gebied van technische wetenschap.

Het brengt een overstelpende hoeveelheid van gegevens en feitenmateriaal met zich uit zeer verschillende terreinen en grensgebieden van het totale werktuigkundige domein.

Dit nu maakt het buitengewoon moeilijk om hier een enkele lijn van constructieve ontwikkeling te herkennen. Deze lijn vindt immers zijn oorsprong in de classificatie, groepering en systematisering van al deze feiten en gegevens.

Zo doende maakt de werktuigbouwkunde op de buiten het eigenlijke

gebied staande beschouwer de indruk een vakgebied te zijn, dat samengesteld is uit louter specialismen. Deze specialisatie komt voort uit de veelheid van taken, welke de werktuigbouwkundige in ons technisch bestel is toebedeeld.

Maar het is ook deze specialisatie, welke de zwakte van de werktuigbouwkunde in zijn praktische uitwerking als wetenschap veroorzaakt. Het is immers de veelheid van taken en daardoor de specialisatie, welke het uitzicht op een enkele, door de gehele werktuigbouwkunde lopende lijn van ontwikkeling vertroebelt. Het is het specialisme dat de werkers in het totale vakgebied in nauwe onderlinge afhankelijkheid zou moeten doen leven, maar dat veel meer tot isolering in nauwe deelgebieden leidt.

Uiteindelijk is er echter geen specialisme mogelijk zonder basis, een basis welke gelegd moet worden door het hoger onderwijs in de periode van opleiding tot werktuigkundig ingenieur.

Het is daarom tenslotte het specialisme, dat dwingt tot bezinning op het vraagstuk welke de fundamenteen zijn, waarop de werktuigbouwkunde als wetenschap, maar ook in zijn praktische uitwerking steunt.

Dit nu is een opgave van bijzondere moeilijkheid en waarvan de bestudering allerwege in het brandpunt van de belangstelling staat. Algemeen, en zeker binnen deze technische hogeschool, wordt de stelling aanvaard, dat de werktuigbouwkunde berust op drie fundamenteen: de mechanica, de wiskunde en de fysica.

De mechanica vormt met zijn deelgebieden de feitelijke grondslag voor de werktuigbouwkundige wetenschap en maakt op de meest exacte wijze het handhaven van een fundamenteel constructieve lijn van ontwikkeling mogelijk.

Zou, naar analogie van de gebruikelijke differentiatie in de natuurwetenschappen, de technische mechanica als theoretische werktuigbouwkunde worden aangeduid, dan zou het eminente belang ervan wellicht nog meer spreken.

De wiskunde is in staat om de logische systematiek van analyse en synthese en dus van de constructie, in de meest heldere vorm te demonstreren en kan, misschien meer dan welke wetenschap ook, het axiomatisch karakter van iedere wetenschap in de werktuigbouwkunde doen doorklinken. Tenslotte echter verschaft de wiskunde de ingenieur het gereedschap voor zijn analytisch constructief werk. De uitloop van de wiskunde in de werktuigkundige toepassing blijft immers gericht op de mathematische formulering van het werktuigkundig probleem, als basis voor de exacte analyse en zijn numerieke uitwerking.

Er blijft nu nog het fysische fundament nader te bezien, om daarbij de vraag te stellen of de fysica in zijn geheel wel overal een even vruchtbare voedingsbodem voor de werktuigbouwkunde vormt.

De werktuigkundig ingenieur bestudeert de stof niet terwille van de stof zelve. Hij hanteert de stof als materiaal, als zijn constructiemateriaal. Hij vervormt en bewerkt de stof terwille van zijn constructies. Daarnaast is er een duidelijke wisselwerking tussen de constructie en het materiaal, soms alleen al om redenen van vormgeving. Maar ook, en vooral in de nieuwste ontwikkelingen, zijn het de eigenschappen van het materiaal die de mogelijkheden van een constructie begrenzen. Steeds is er de drang om gestelde grenzen te verwijderen door de ontwikkeling van nieuwe en functioneel betere materialen.

Het is daarom de vraag, of de fysica welke een fundament is voor de werktuigbouwkunde vormt niet die fysica is, welke gericht is en uitloopt op de materialenkunde. Een materialenkunde op fysisch-fundamentele grondslag, een doorgronden van de mogelijke samenhang tussen de macroscopische eigenschappen van de stof en de meest principiële bouw van de materie, maar uitlopend op de werktuigbouwkundige aspecten in de bereiding, in de bewerking en in de constructie.

Dan zal de werktuigkundig ingenieur een fundamenteel inzicht verwerven in het gedrag van zijn materialen onder extreme of wisselende belastingen, bij hoge temperaturen of onder de invloed van stralingsvelden. Het is dit inzicht, dat "de constructie", met de mechanica en de wiskunde gebaseerd op een zo volledig mogelijke analyse, mogelijk zal maken.

Wordt nu aan deze drie kernen het zuiver werktuigkundig gebied van de constructie toegevoegd, in welk gebied, zoals bij de materialenkunde een deel van het feitenmateriaal naar voren komt, maar waar vooral met het communicatiemiddel van de constructietekening de uiteindelijke constructieve synthese wordt gedemonstreerd, dan is wellicht een "koude werktuigbouwkunde" in zijn meest elementaire vorm gekenschetst.

Toevoeging van de warmteleer, zoals die wederom voortvloeit uit de fysica, completeert het beeld.

Van deze gegevens voorzien, wil ik thans de kring sluiten en terugkeren naar het gebied van waaruit wij vertrokken zijn, het gebied van de mechanische technologie van de metaalbewerking, om te zien welke van de fundamenteen van de werktuigbouwkunde ook hier tot steun dienen en in welke mate zij dit doen.

Allereerst komt nu de mechanische technologie voort uit de materialenkunde: het vakgebied is de praktische uitwerking ervan voor zover het de bewerkbaarheid van het materiaal betreft.

Het is dit aspect van het probleem van bewerkbaarheid als basis voor het technologisch onderzoek, dat door VAN EMDEN op zo volledige wijze bij zijn intrede in het licht is gesteld.

PEKELHARING heeft, eveneens in zijn inaugurele rede, betoogd, van welk groot praktisch belang het onderzoek in de metaalbewerking is voor de metaalverwerkende industrie.

Immers uit het onderzoek komen de bewerkingsnormen voort, zoals deze bepaald worden door het samenspel van gereedschap, werktuig en materiaal en die als zodanig een basis voor een rationele productie kunnen vormen.

Het laboratorium voor het onderzoek van de materiaalbewerking zou echter in zijn taak tekort schieten, indien deze normen zouden blijven berusten op incidentele, zeer specifiek gerichte onderzoekingen. Op deze wijze zou het laboratorium slechts een nieuwe bron voor fenomenologie zijn.

Integendeel moet er naar worden gestreefd om ook hier, uitgaande van een model, een werkhypothese dus, steunende op experimentele resultaten, tot mathematische formulering van het bewerkingsproces, tot een bewerkingsstheorie te komen.

Het is deze spiraalvormige ontwikkeling van hypothese, via het experiment naar een steeds verder sluitende theorie, welke het moderne onderzoek in de metaalbewerking kenmerkt.

Slechts hierdoor is het mogelijk de bewerkingsnormen een systematische ordening te geven en om zelfs deze normen als prognose en slechts geverifieerd door steekproeven op te stellen.

Deze tendentie in de werkplaatstechniek, of liever in de bewerkingskunde, is nog maar van recente datum en is nog steeds vooral gericht op de verspanende bewerkingen.

Het was PIISPANEN, die rond 1935 de mechanica van de verspaning bestudeerde en de reeds in aanleg bestaande theorie van afschuiving verder tot ontwikkeling bracht. Dan zijn het MERCHANT, ERNST, ZLATIN, FINNEY, COOKE, SHAW, OPITZ en KRONENBERG, om enkele van de meest bekende namen te noemen, die de uitbouw van de verspaningstheorie stimuleren en pogen om tot steeds scherper mathematische formulering te komen.

Dit streven komt intussen nauwelijks voort uit de zucht tot wetenschappelijk perfectionisme. Integendeel, het ontstaat direct uit de behoeften van de industrie. Een industrie, die overstromd wordt met een vloed van nieuwe materialen, waarvan de eigenschappen aange-

past zijn aan de steeds hogere eisen, welke de constructie stelt. Vrijwel steeds echter zijn deze materialen tevens slechter bewerkbaar, zeker als de bewerkingscriteria van de levensduur van het gereedschap en de op het gereedschap werkende krachten worden aangelegd.

De industriële behoefte aan bewerkingsonderzoek blijkt nu direct uit recente Amerikaanse schattingen. Zou in de loop van de eerstkomende jaren de gemiddelde hardheid van het te bewerken materiaal toenemen van $100H_B$ naar $400H_B$, dan zouden bij een gelijkblijvende stand van de bewerkingskunde de produktiekosten met een faktor 10 toenemen. Daarbij moet gerealiseerd worden, dat het hier om enorme bedragen gaat. Alleen al in de U.S.A. is de spaanproduktie thans 17,5 miljoen ton per jaar, waarmee aan produktiekosten een bedrag van $1,5 \cdot 10^{10}$ dollar gemoeid is.

Een bijzonder gelukkige omstandigheid is het nu, dat al deze problemen in de bewerkingskunde, en die zo vergaande economische consequenties hebben, opkomen in een tijdvak waarin de fysische en daarvan vooral de elektronische technieken van onderzoek zo'n grote vlucht nemen.

Het zijn deze meetmethoden welke het mogelijk maken de bewerkingsfenomenen meer in detail en met meer precisie te bestuderen. De hoeveelheid en de kwaliteit van de informatie is in de laatste decennia snel toegenomen en het is wellicht hierdoor dat thans gesproken kan worden van een levendige activiteit op het gebied van de fundamentele bewerkingskunde – maar nog steeds met het accent op de verspaning.

De oorzaak hiervan is dan ook wel, dat de instrumentatie voor het niet-verspanend onderzoek bijzonder moeilijk is, maar ook is hiervan weer het gevolg dat de mechanica van de niet-verspanende bewerkingen, als fundament voor op dit terrein te ontwikkelen theorieën, nog slecht wordt begrepen.

Hier ligt een groot gebied van ontwikkeling nog grotendeels braak.

Teneinde nu het fysisch karakter van het zuivere bewerkings- en bewerkbaarheidsonderzoek in het licht te stellen, wil ik enkele objecten van onderzoek en de daarbij toe te passen meetmethoden noemen.

Uiteindelijk is alle onderzoek in dit vakgebied gericht op het proces van de slijtage van het gereedschap tijdens de bewerking. Dit is volmaakt begrijpelijk, daar de slijtage een basisfaktor vormt in de kosten van bewerking. Deze zijn immers samengesteld uit de kosten

van de eigenlijke bewerking en uit de kosten verbonden met het uitwisselen en slijpen van het gereedschap. Een langere gebruiksduur van het gereedschap werkt dus twee kanten uit: zowel de directe als de indirecte kosten van de bewerking nemen af.

Vooral in de jongste tijd neemt het belang van een langere gebruiksduur van het gereedschap, en misschien nog wel meer het reproduceerbaar voldoen aan a priori gestelde eisen van gebruiksduur, in verband met de steeds verdergaande toepassing van automatische en gemechaniseerde bewerkingsprocessen, toe.

Het slijtageonderzoek kan nu zeer direct toegepast gericht zijn, indien levensduurproeven worden uitgevoerd welke tot doel hebben een verband te vinden tussen de toegepaste snijnsnelheid en de gebruiksduur van het gereedschap. In feite worden reeksen van waarden voor de exponent van TAYLOR bepaald, waaruit praktisch bruikbare gemiddelden als norm voortkomen. Dit soort metingen was tot dusverre zeer tijdrovend, daar beproeving onder extreme condities van snijnsnelheid en de daarmee verbonden korte meettijden slechts zelden directe reductie op normale condities toelaat.

Het is hier, dat de toepassing van radioactieve sporen in het materiaal van het gereedschap aanzienlijke verkorting van de meettijd en daarbij vergroting van de te bereiken precisie met zich brengt. Het is gebleken, dat de gedurende korte tijd verkregen informatie op betrouwbare wijze in de tijd te extrapoleren is, waardoor de tijd welke deze voor de praktische toepassing zo belangrijke levensduurproeven vragen, met een faktor 20 te verkleinen is.

Overigens geven deze proeven maar weinig gelegenheid tot het verkrijgen van inzicht in de aard van het slijtageproces.

Teneinde meer fundamentele kennis te verwerven, zijn experimenten van een geheel andere aard vereist. Het gaat dan om de interactie tussen het materiaal van het gereedschap en het bewerkte materiaal. Dit is een diffusie van metalen bij hoge temperatuur, aan het onderzoek waarvan de overweging ten grondslag ligt, dat de slijtage van het gereedschap maar ten dele zijn oorsprong in macroscopische mechanische effecten vindt. Integendeel is het te verwachten, dat de beide materialen, welke met zeer schone oppervlakken, bij hoge temperatuur en druk met elkaar in contact zijn, fysisch met elkaar zullen reageren. Dit kan de weg zijn, waarlangs de slijtage wordt ingeleid.

Het zijn hier de metaalmicroscoop, de elektronenmicroscoop en de röntgenspectograaf, welke informatie verschaffen over het gebeuren in de diffusiezone. Daarnaast geven de optische spectografie en de massaspectografie de, voor het bewerkingsonderzoek zo belangrijke

inlichtingen over de details van de samenstelling van het bewerkte materiaal.

Evenzo is er belangwekkend fysisch-chemisch onderzoek te richten op de problemen van de slijtage, nu met het oog op de invloed van de toegepaste smeermiddelen tijdens de bewerking. Hier is de belangstelling gericht op de chemische interactie tussen het zojuist gesneden en dus actieve metaaloppervlak en de smeervloeistof. Uiteindelijk is het onderzoek naar de aard van de slijtage nauw verbonden met het onderzoek naar de grondslagen van het totale bewerkingsproces. Hier gaat het vooral om het verkrijgen van inzicht in de mechanica van de bewerking als het samenspel van krachten, in relatie tot de geometrie van het gereedschap, de aard van het bewerkte materiaal en de condities welke door het werktuig worden gegeven.

Experimenten op dit gebied, onder gebruikmaking van mechanische en elektronische krachtmeters, gebaseerd op elektrodynamische of capacitieve principes, of gebruik makend van de mogelijkheden welke de rekstrookjes bieden, verschaffen het materiaal op de weg naar de bewerkingstheorieën.

Stroboscopische waarneming en zeer snelle fotografische apparatuur, waarmede vele duizenden opnamen per seconde zijn te maken, steunen het verkrijgen van inzicht in het gebeuren.

Tot het onderzoek naar de grondslagen van de bewerking behoort ook het onderzoek naar de dynamica van de bewerking. Het is vooral een studie van optredende trillingsverschijnselen en de studie van het transport van de tijdens de bewerking gegenereerde warmte. In het eerste gebied wordt weer een uitgebreid gebruik gemaakt van de elektro-mechanische omvormers met aangepaste registratie-apparatuur, in het tweede gebied vinden naast de thermokoppels gevoelige infrarood detectors en de infrarood fotografie toepassing. Het terrein van de dynamica is in het technologisch onderzoek veelal dat van de niet lineair gekoppelde systemen. Naast de reeds genoemde fysische meetmethoden bewijst dan ook de analoge rekenmachine grote diensten bij de analyse van de hier optredende zeer gecompliceerde, maar voor de bewerkingskunde zo uitermate belangwekkende verschijnselen.

Ik wil hiermede dit summiere overzicht van enkele aspecten van het onderzoek in het gebied van de in engere zin niet constructieve sector van de werkplaatstechniek besluiten met te concluderen, dat dit randgebied van de werktuigbouwkunde op dezelfde peilers berust als de werktuigbouwkunde in zijn geheel gezien.

Zij zijn: *de materialenkunde, waarvan het gebied een uitwerking is,*
 de mechanica, welke het gebeuren van de bewerking beschrijft,
 de wiskunde, welke met de mechanica de weg opent naar de formulering van een theorie,
 de warmteleer, welke inzicht verschaft in de warmte-dynamische problemen van de bewerking.

Zeer geachte toehoorders,

Thans, bij de aanvaarding van mijn ambt, zij het mij vergund in de eerste plaats mijn eerbiedige dank te betuigen aan Hare Majesteit de Koningin, voor mijn benoeming tot gewoon hoogleraar aan deze Technische Hogeschool.

Mijne heren Curatoren,

Ik dank U voor het vertrouwen dat U in mij heeft willen stellen. Het is voor mij een bijzondere voldoening geweest, dat dit vertrouwen zich niet alleen beperkt heeft tot zaken meer direct onderzoek en onderwijs betreffende, maar dat U mij tevens de gelegenheid heeft gegeven tot het leggen van de grondslag voor de opbouw van de centrale werkplaatsen, in nauwe coördinatie met het laboratorium voor werkplaatstechniek. Ik wil de hoop uitspreken, dat deze werkplaatsen als instrumentmakerij en ontwikkelingswerkplaats uit zullen groeien tot een effectief hulpmiddel bij het onderzoek, zodat zij mede de wetenschappelijke status van onze hogeschool zullen bepalen.

Mijnheer de Rector Magnificus, waarde Dorgelo,

De dag, nu al weer twee jaar geleden, waarop U mij in het Utrechtse fysisch laboratorium bezocht, om mij uit te nodigen mede te werken aan de opbouw van deze Technische Hogeschool, zal voor altijd in mijn herinnering blijven.

Niet alleen omdat U mij het ambt, dat ik thans aanvaard waardig keurde, hetgeen ik als een grote eer beschouw, maar ook omdat U mij

deed inzien, dat naast onderzoek en ontwikkeling het overdragen van kennis en naar ik wil hopen het weten, evenzo waardevol is. Uw stelling: "het is mede onze taak jongeren aan het front van de wetenschap en techniek te brengen" heeft mij bijzonder getroffen. Het moge mij gegeven zijn naar mijn vermogen mede te werken aan het volbrengen van deze taak.

Mijne heren Leden van de Senaat,

Naar mijn gevoel is het geheel van onze Technische Hogeschool in opbouw een van de beste demonstraties op het gebied van de waarschijnlijkheid, onwaarschijnlijkheid en statistiek, die men zich denken kan.

Velen van ons hebben in de afgelopen tijd dat werk verricht, dat naar alle waarschijnlijkheid het meest nuttig zou blijken te zijn; daarnaast zijn vele onwaarschijnlijke taken uitgevoerd.

Toch blijkt dit totaal van waarschijnlijkheden en onwaarschijnlijkheden uit te komen op een realiteit: die van onze hogeschool, waar de eerste examens alweer historie zijn.

Het moge zo zijn dat straks, als de waarschijnlijkheid meer en meer plaats gaat maken voor zekerheden gebaseerd op ervaring, en veel van ons werk verricht gaat worden in eigen gebouwen en laboratoria, het nauwe onderlinge contact en vooral de zo voortreffelijke geest van een pioniersteam, zullen blijven bestaan.

Mijne heren Leden van de Afdeling der Werktuigbouwkunde,

Waar zo vele woorden gewisseld worden bij de voorbereiding en de uitvoering van het gezamenlijke werk, mag ik thans kort zijn.

Temeer is dat het geval, daar het mij uitermate moeilijk valt om de juiste formulering te vinden om uitdrukking te geven aan mijn gevoelens van grote erkentelijkheid voor de wijze waarop ik in Uw kring ben opgenomen en daarin mijn werk kan verrichten.

Ik wil hopen dat dit werk, dat op zichzelf zo weinig direct werktuigkundig gericht is, bij zal dragen tot de bloei van het laboratorium voor werkplaatstechniek, en als zodanig de afdeling tot eer zal strekken.

Hooggeleerde de Beer,

Ik prijs mij bijzonder gelukkig dat het lot ons heeft samengebracht om in gezamenlijke krachtsinspanning te werken aan de ontwikkeling van de middelen, welke de uiteindelijke realisering van "de constructie" mogelijk moeten maken.

Ik besef zeer wel, dat de gezichtskring met een punt in het zuivere experimentele vlak van de bewerkingskunde als centrum, te beperkt is, om de werkelijke problemen van de fabricage te doorzien.

Het moge zo zijn, dat wij gezamenlijk er in zullen slagen om op een wijze, die zowel de constructieve als de technologische zijde van de werkplaatstechniek recht doet, het vakgebied mede gestalte te helpen geven.

Waarde Roos,

In de vele uren van gezamenlijk werk in een moeilijke periode van opbouw is tussen ons een, naar ik wil hopen, wederzijdse waardering gegroeid. Het is met grote erkentelijkheid, dat ik hier Uw aandeel in het leggen van de grondslag voor de technische dienst memoreer.

*Mijnheer de Directeur van de Centrale Technische Dienst,
waarde van den Burgh,*

Het instrument, dat U ter bespeling in handen heeft gekregen, bezit vele snaren. Het is een verre van eenvoudige taak, hieraan een harmonische melodie te ontlokken, temeer daar het hoofdthema gegeven is.

Zoals in iedere compositie, zijn er stemmen van groot belang en stemmen van minder belang, maar geen van alle kunnen zij, zonder het geheel te schaden onderdrukt worden, hoewel wij, uit wier midden ik thans spreek, vooral oor zullen hebben voor die snaren die meeklinken met het onderzoek en het onderwijs.

Ik spreek daarom de wens uit dat de C.T.D. onder Uw leiding ingespeeld zal raken en dat de dienst, als instrument ten behoeve van de T.H.-gemeenschap, mede een atmosfeer zal helpen scheppen, waarin vruchtbaar werk in onderzoek en onderwijs mogelijk zal zijn.

Mijne heren Bestuurderen van het Eindhovens Hogeschoolfonds,

Het is mij een behoefte om U van deze plaats en bij deze gelegenheid dank te zeggen dat U het mij mogelijk maakte een studiebezoek aan de U.S.A. te brengen. Zonder twijfel is op vele punten mijn inzicht in problemen van het eigen vakgebied, maar ook in problemen van onderwijs en opleiding hierdoor verdiept.

Dames en Heren Studenten,

Zoals er heren zijn, zijn er dienaren: naast de werktuigbouwkundige constructie staat, in het geheel van de werktuigbouwkunde, de werkplaatstechniek in een dienende functie. Het is uiteindelijk de schepping van de constructeur, welke met de middelen welke de werkplaatstechniek biedt, verstoffelijkt moet worden.

Maar zoals er vreugde is in het constructieve scheppen, is er voldoening in het stoffelijk vervaardigen.

Dit is de voldoening van het vakmanschap, het weten van het "hoe" Toch is dit slechts het eerste niveau, voldoening alleen is niet voldoende.

Hoezeer zou deze voldoening groeien, indien naast het "hoe" het "waarom" van een bewerkingsmethode doorgrond zou worden. Dit is het tweede niveau.

De voldoening zou echter ook hier tot vreugde worden, indien ten slotte uit het "waarom" het "hoe" bepaald zou kunnen worden. Dit is het derde niveau, waarop de werkplaatstechniek, of misschien meer algemeen gesteld, de mechanische technologie zich als een zelfstandige tak van technische wetenschap vrij maakt, met het doel de fundamentele grondslagen van een bewerkingstechniek te doorgronden.

Dat ik hier, in onze Technische Hogeschool, de gelegenheid zal hebben om voor U en met U althans een deel van de bewerkingskunde op dat doel te richten, stemt mij tot grote dankbaarheid.

Zeer geachte toehoorders,

Ik dank U allen voor Uw aandacht.

