

Over de werktuigkunde en de Technische Hogeschool te Eindhoven

Citation for published version (APA):

Schmid, W. L. H. (1961). *Over de werktuigkunde en de Technische Hogeschool te Eindhoven*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1961

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.

**over de werktuigkunde
en de technische hogeschool
te eindhoven**

**Rede,
uitgesproken door prof. dr. ir. W.L.H. Schmid,
waarnemend rector magnificus
van de Technische Hogeschool te Eindhoven,
ter gelegenheid van de vijfde dies natalis dezer hogeschool
op vrijdag 28 april 1961**

*Mijne heren Curatoren,
Mijne heren Leden 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 blijkt geeft,*

Zeer geachte toehoorders,

Het senaatslid dat wordt aangewezen om de traditionele diesrede te houden, geniet het het voorrecht te mogen spreken over wat hem het meest heeft geboeid op zijn eigen vakgebied. Die persoonlijke relatie tot zijn onderwerp leidt er niet zelden toe, dat hij een geheel persoonlijke visie geeft op een door hem verwachte of wenselijk geachte ontwikkeling.

Wanneer vandaag iemand voor U staat, mede in verband met zijn lidmaatschap van het bestuur van een technische afdeling, mag het U niet verwonderen dat hij tot op zekere hoogte ook spreekbuis wil zijn voor die afdeling. Zonder de leden van de afdeling der werktuigbouwkunde te betrekken in de verantwoordelijkheid voor wat gezegd gaat worden, wil ik graag vooraf hen en ook verscheidene Delftse collega's danken voor hun bijdragen tot de vorming van mijn inzicht.

Ik wil nu Uw aandacht vragen voor enkele beschouwingen over de werktuigkunde en de Technische Hogeschool te Eindhoven. In de gidsen van deze hogeschool zowel als in die van haar oudere zusterinstelling en van de hogere technische scholen zult U vergeefs zoeken naar het vak „werktuigkunde”. Toch geven beide hogescholen volgens de wet gelegenheid tot het behalen van het diploma van werktuigkundig ingenieur. Deze situatie laat vermoeden, dat een ruimer gebied essentieel behoort tot de werktuigkunde dan wat als werktuigbouwkunde wordt gedoceerd. En inderdaad, in de afdeling wordt meer geoefend en onderwezen dan werktuigbouwkunde. Het is daarom bepaald merkwaardig als men in advertenties, zelfs voor de afdeling der werktuigbouwkunde van één der Nederlandsche technische hogescholen, vraagt om werktuigbouwkundig ingenieurs terwijl men zoekt naar een ingenieur met de vorming, het inzicht en de kennis van de rechtmatige bezitter van het diploma van *werktuigkundig* ingenieur.

Aanvaard moet worden, dat de wetgever naar Delftse traditie de afdeling met de naam der werktuigbouwkunde heeft aangeduid. De benaming werktuigkunde was voor hem blijkbaar nog belast met de herinnering aan een gelijknamig vak bij het middelbaar onderwijs. Daarin werden, naast een uiterst schematische kennis van enkele werktuigen - meest eenvoudige hefwerktuigen - de beginselen der technische mechanica behandeld op vaak bijzonder verdienstelijke wijze.

Met dankbaarheid en eerbied denk ik terug aan de lessen in dit vak, die ik op de H.B.S. mocht ontvangen van wijlen ir. F. J. Vaes, in werktuigkundige kring vooral bekend als een docent met eigen visie aan de avondopleiding van de academie voor beeldende

kunsten en technische wetenschappen te Rotterdam. Ik zal straks gelegenheid hebben nog iets over zijn werk in herinnering te brengen.

Geleidelijk aan is uit het genoemde middelbare onderwijs in de werktuigkunde het technische aspect meer en meer verdrongen en sinds jaren wordt de benaming werktuigkunde er niet meer voor gebruikt, maar noemt men het vak *mechanica*. Onder deze omstandigheden meen ik vrij te zijn de benaming werktuigkunde te gebruiken voor het geheel van de eigen vakgebieden van de werktuigkundig ingenieur. Ik zal nu de zaak niet moeten door-trekken tot in het *ridicule* en rustig moeten erkennen dat de werktuigkundig ingenieur - wellicht meer nog dan sommige andere soorten ingenieurs - *verscheidene* takken van wetenschap moet beoefenen en allerlei werkzaamheden moet verrichten die men niet onder de werktuigkunde kan rangschikken. Zo zal hij als elk academicus zich kunnen noch willen onttrekken aan de beoefening van de wijsbegeerte en van de maatschappij-wetenschappen.

In de in 1955 gepubliceerde resultaten van de door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs gehouden enquête betreffende de opleiding tot werktuigkundig ingenieur werd vanuit de industrie de meeste nadruk gelegd op twee tekorten: aan algemene vorming en aan kostenbesef. De hogeschool moet naast haar onderwijs in zuiver werktuigkundige vakken ook haar bijdrage daaraan leveren; dat is bepaald van meer belang dan menige werktuigkundige bijzonderheid. Onder de werktuigkunde als zodanig vallen deze dingen niet en de afdeling der werktuigbouwkunde is voor haar opleiding en voor een deel van haar wetenschappelijk werk aangewezen op veel hulp vanuit de groep docenten voor de geesteswetenschappen.

In niet mindere mate steunt zij voor haar eigen werktuigkundige wetenschap op de onderafdelingen voor wiskunde en voor natuurkunde voor deze hulp- en basisvakken.

Nu de onderafdelingen van de afdeling der algemene wetenschappen of uit haar voortkomende nieuwe afdelingen eigen ingenieurstypen gaan vormen - technisch natuurkundige, wiskundige en bedrijfskundige - vertrouwen wij dat juist daardoor het hierbij betrokken deel van het wetenschappelijk corps aan de eerste drie technische afdelingen en aan hun studenten nog meer steun zal kunnen geven. Nu toch zullen de betrokken groepen kwalitatief en kwantitatief nog sterker kunnen worden en dit zal de verzwaren van hun opdracht méér dan compenseren!

Graag zou ik uitvoeriger spreken over het belang van de bedrijfskundige aspecten en van de mathematische hulpmiddelen voor de werktuigkundige wetenschapsbeoefening en ingenieurswerkzaamheid. Maar het wordt tijd om mij tot mijn onderwerp te bepalen: de werktuigkunde en de Technische Hogeschool te Eindhoven.

Ik wil nu eerst iets zeggen over de werktuigkunde in ruime zin. Zij bepaalt het arbeidsveld van de afdeling der werktuigbouwkunde, haar wetenschapsbeoefening en haar opleiding, samen met gezichtspunten die voor elke academische ingenieursopleiding moeten gelden. Het is het geheel van de werktuigkundige ingenieurswetenschap die ons bindt.

Voor het ingenieurswerk is kenmerkend de technische verwerkelijking, het bouwen, dus toch de *werktuigbouwkunde*, en evenzeer de mechanische technologie. Maar vóórdat wij

aan het ontwerpen en vervaardigen kunnen denken moeten wij iets van het werktuig hebben begrepen, hoe het werkt als samenstel van onderdelen, in hun vaste en beweeglijke verbindingen, met doorleiding en overdracht van krachten, met de bewegingsverhoudingen, met de doorgave van arbeid, met stromen van energie, als mechanische energie in de gassen en vloeistoffen in stromingsmachines, als warmte en chemische energie in warmtekrachtmachines en in werktuigen en toestellen voor de chemische industrie. Bij dit alles is het werktuig zelf driedimensionale stoffelijke werkelijkheid. De werktuigkunde is een vak van deze zichtbare wereld, van het tijd-ruimtelijke en tastbare.

De eerste opleiding voor werktuigkundig ingenieur werd ingesteld bij de wet op het middelbaar onderwijs, die in 1863 de Koninklijke Akademie tot opleiding van Burgerlijke Ingenieurs met ingang van 1 juli 1864 omzette in de Polytechnische School. Maar de docent die het meest eigen deel van die opleiding moest verzorgen, werd benoemd als leraar in de werktuigbouwkunde en de kennis van werktuigen. Deze docent was A. Huët, de man wiens naam ieder werktuigkundig ingenieur kent, al was het alleen maar omdat de Delftse studievereniging, het Gezelschap „Leeghwater”, hem als haar oprichter vermeldt in al haar brieven en uitgaven. Ook geniet hij de zeldzame eer dat „zijn dankbare leerlingen” een monument voor hem hebben opgericht. U vindt dit te Delft in het Kalverbos.

Uit zijn talrijke geschriften zijn allerlei aanhalingen mogelijk die steun geven aan opvattingen waarvoor men thans nog warm kan lopen. Ik laat het vandaag bij een enkele. In 1878 zegt hij in een vergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs¹:

„Laten de aanstaande ingenieurs naar een universiteit gaan om er wiskunde, natuurkunde, scheikunde, mechanica en staathuishoudkunde te leeren en laat er hen tevens de nieuwe letteren beoefenen in den tijd, die hun overblijft. Maar laten zij bovenal hart en verstand vormen, door den omgang met personen buiten hun eigenlijk vak werkzaam. Laten zij daar kennis maken met hen, die later in geheel andere rigting werkzaam zullen zijn en er alzoo naar streven om meer en meer den naam van ingenieur tot symbool te doen zijn van algemeene ontwikkeling, vereenigd met grondige kennis van een speciaal vak”.

Huët voelde zich geheel alleen voor de taak gesteld een beeld te ontwerpen van een wetenschappelijk verantwoorde opleiding en, aansluitend bij de beperkte mogelijkheden die hij aantrof, te streven naar de noodzakelijke verruiming hiervan. Zijn doorzettingsvermogen leidde tot een voortgaande uitbouw en ontwikkeling van de eerste opzet. Het schijnt dat zijn strijdbare natuur hem tot een wijze van voordragen van zijn wensen bracht die door het hoogste beleidscollege der school niet kon worden gewaardeerd. In zijn biografie² wordt dit als reden genoemd voor het feit, dat men hem pas na 22 jaren dienst als leraar ter benoeming tot hoogleraar voordroeg.

Bij zijn benoeming in 1864 was het ongetwijfeld een winstpunt, dat juist de werktuigbouwkunde afzonderlijk werd genoemd. Vandaag, bijna een eeuw later, lijkt het dienstig meer aandacht te vragen voor wat de werktuigkunde daarbuiten omvat.

Aan de hand van gegevens, grotendeels ontleend aan geschriften van Huët, schets ik U iets van de ontwikkeling van het academisch onderwijs in de werktuigkunde in Nederland.

1) Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1877/78, vierde aflevering, eerste gedeelte. Notulen van de vergadering van 9 april 1878. Bijlage 22. De technische opleiding van den Ingenieur.

2) Nieuw Nederlandsch Biografisch Woordenboek, deel VI, bladz. 818 e.v., ultg. 1924.

Aan de Koninklijke Akademie tot opleiding van Burgerlijke Ingenieurs werd aanvankelijk slechts „verklaring van de zamenstelling en uitwerking van onderscheidene werktuigen” gegeven onder het hoofd „werktuigkunde” of „praktische werktuigkunde”. Huët noemt dit later - terecht - „Kennis van werktuigen”. Hij vermeldt - in een publikatie in 1874³ - de dan gangbare splitsing van de algemene werktuigkunde in drie delen, namelijk de kennis van werktuigen, de werktuigleer en de werktuigbouwkunde. Spijtig merkt hij op, dat bij de voorbereiding van de omzetting van de Delftsche Akademie in de Polytechnische School de werktuigbouwkunde aanvankelijk was vergeten en voorts, dat de werktuigleer niet in de wet werd genoemd. Om aan te geven, wat hij onder deze werktuigleer wil verstaan, verwijst Huët naar het werk van Zeuner te Zürich en van Grashoff te Karlsruhe. Hij noemt een dergelijke werktuigleer de „physiologie der werktuigen”. Zijn eigen hoofdtak vindt hij in de werktuigbouwkunde en hiervoor ziet hij Redtenbacher als kenmerkende figuur. Deze oude onderscheiding in drieën vind ik in verhelderde vorm terug in de intreedende van Veenstra⁴, die spreekt over feitenleer en systematische analyse en deze beide ziet als voorbereiding voor constructie in ruime zin.

Aan de Polytechnische School ontbreken aanvankelijk in het werktuigkundig onderwijs niet alle aspecten van de werktuigleer, maar het duurt tot 1876 eer zij formeel wordt genoemd bij de aanstelling van Ravenek als leraar. In 1879 wordt deze reeds hoogleraar en krijgt hij mede de kennis van werktuigen te doceren. In de loop der jaren gaan hoofdstukken van de werktuigleer over in handen van docenten voor werktuigbouwkunde, voor kennis van werktuigen en voor mechanica, en welhaast onopgemerkt verdwijnt de aanduiding werktuigleer uit de programma's. Het is het tijdvak waarin de werktuigen in groepen worden ingedeeld en voor elk groepsgebied een beperkte theorie wordt ontwikkeld, terwijl de mechanica buiten de kring der werktuigkundigen komt te staan, vrijwel los van de toepassing in de werktuigkunde. De ontwikkeling te Delft heeft wel aangetoond dat - onder welke naam dan ook - iets als de werktuigleer de brug moet vormen tussen vermeend steriele theorie en vermeend ambachtelijke toepassing; thans is daar een weloverwogen opbouw van afdeling en onderwijs bereikt, waarvan wij te Eindhoven slechts met grote schroom op enkele punten iets afwijken.

Het komt mij voor, dat ook in de werktuigkunde geen scherpe scheiding mogelijk is tussen zuiver theoretische grondslagen, fundamenteel wetenschappelijk onderzoek gericht op min of meer te voorziene ontwikkelingen, theoretische of experimentele bestudering gericht op het oplossen van een concreet probleem en praktische toepassing in ruim of nauw verband van een en ander bij de voorbereiding en uitvoering van ingenieurswerken. Wel moeten voor een veel omvattend vak als de werktuigkunde in ruime zin onderscheiden leerstoelen worden ingesteld met de vooropgezette bedoeling dat bij de éne de theorie, bij de andere de stoffelijke verwerkelijking de meeste aandacht krijgt, maar alle leden van het gemeenschappelijk corps voor de werktuigkunde zullen ervan doordrongen moeten zijn dat zij hun onvermijdelijk eenzijdige taak uitvoeren binnen een veelomvattend geheel. In deze geest zou ik belangrijke delen der natuurkunde - met een sterk accent op de toepassing, maar niet los van de theorie - willen annexeren als grondslagen der werktuigkunde. Willen anderen de werktuigkunde in haar geheel als toegepaste natuurkunde zien,

3) De werktuigbouwkunde en hare beoefening. Delft. J. Waltman Jr., 1874.

4) Prof. dr. P.C. Veenstra — Fundamenteel en toegepast, analyse en constructie — Eindhoven 1958.

dan heb ik daartegen geen overwegend bezwaar, mits zij in het woord „toegepaste” al die aspecten der technische verwerkelijking leggen, die ons nu juist als werktuigbouwers zo sterk boeien.

Voor de studenten acht ik het samengaan van natuurkunde, mechanica, mechanische technologie en werktuigbouwkunde noodzakelijk om hen te vormen tot volwaardige werktuigkundig ingenieurs. Uit dit oogpunt zou ik kunnen wensen dat de hoogleraren voor deze vakken niet over twee afdelingen verdeeld waren. Maar andere, zwaarwegende argumenten overtuigen ook mij van de noodzaak deze scheiding te aanvaarden. Door actieve Inter-afdelingswerkgroepen voor materiaalkunde, voor warmte en stroming, voor kernfysica en kerntechniek en voor mechanica wordt het gevaar van te los naast elkander werken bezworen. En de mogelijkheid om bij de eindstudie leiding te krijgen van samenwerkende hoogleraren en stafleden van beide afdelingen kan voor de studenten het besef van de samenhang tot levende werkelijkheid maken.

Vier onderdelen der natuurkunde vragen meer in het bijzonder om een uitwerking die is toegespitst op hun belang voor de werktuigen en moeten als grondslagen der werktuigkunde in nauw verband met de algemene werktuigkunde worden bestudeerd en gedoceerd. Het is goed, dat onze studenten uit de mond van de natuurkundige geleerden uit de afdeling der algemene wetenschappen horen wat de plaats van deze onderdelen in de algemene natuurkunde is. Maar het is van de natuurkundigen wel heel veel gevraagd, zich volkomen in te leven in de geesteshouding die noodzakelijk is voor vruchtdragende beoefening der werktuigkunde. Als zij dat doen, maken zij zichzelf tot werktuigkundigen en kunnen zij door hun mede-fysici nauwelijks meer als natuurkundige geleerden worden erkend.

De afdeling der werktuigbouwkunde heeft tot haar grote vreugde zowel voor de werkplaatstechniek als voor de warmtetechniek een leerstoel bezet kunnen krijgen door een universitair opgeleid fysicus. Beide fysici hebben zich - ieder op zijn wijze - gericht op een belangrijk deel der werktuigkunde; de afdeling heeft in verband daarmee niet gearzeld hen als echte werktuigkundigen te erkennen.

De zoeven bedoelde vier op deugdelijk theoretisch en ook experimenteel natuurkundig fundament rustende hoekstenen der werktuigkunde worden hier aangeduid als:

- a. de technische materiaalkunde;
- b. de technische mechanica;
- c. de technische stromingsleer;
- d. de technische warmteleer.

a. De *technische materiaalkunde* moet de werktuigkundige zich eigen maken om te weten welke verwachtingen hij mag koesteren van zijn materialen, zowel bij de vormgeving als in het zijn functie vervullende werktuig. In navolging van de Delftse traditie werd tot dusver alleen voor de metaalkunde een leerstoel in de afdeling der werktuigbouwkunde opgenomen en krijgt het staal - als nog steeds het meest voor werktuigen gebruikte materiaal -

de grootste aandacht. Wij mogen echter de ogen niet sluiten voor het feit dat andere metalen en hun legeringen, en evenzeer keramische en synthetisch verkregen materialen snel worden ontwikkeld en in de werktuigen meer en meer toepassing behoren te vinden. Zoals men kan weten wordt ook binnen de afdelingen der algemene wetenschappen en der scheikundige technologie materiaalkunde beoefend en is door de voorzitter van de eerste de diesrede in 1959 gewijd aan het belang van de materiaalkunde en uitdrukking gegeven aan de door velen uit onze kring besepte wenselijkheid van een opleiding tot materiaalkundig ingenieur. Ik hoop, dat de ontwikkeling buiten de afdeling der werktuigbouwkunde meer en meer mogelijkheden zal bieden tot veel materiaalkundige steun bij de beoefening van de werktuigkunde. Waarschijnlijk zullen niettemin voorstellen moeten worden gehandhaafd tot vermeerdering van het aantal leerstoelen voor materiaalkunde binnen de afdeling der werktuigbouwkunde, niet in de laatste plaats om de eigen benaderingswijze die hier wordt gevraagd.

Voorop staat voor de werktuigkundige de vraag naar de gebruikseigenschappen van ter beschikking staande materialen en de waardering hiervan bij de verwerking en bij de vervulling van de uiteindelijke functie. Maar het is vaak niet gemakkelijk om numerieke gegevens te krijgen in zodanige vorm, dat zij een duidelijk inzicht geven in de samenhang van eigenschappen die voor de bewerking en voor de uiteindelijke functie het meest belangrijk zijn. Bekend is, dat de meest gebruikelijke opgaven van leveranciers van staal slechts moeizaam interpretatie toelaten als het gaat om lasbaarheid of om de te verwachten sterkte bij herhaalde belasting. Van vele zijden worden nieuwe beproevingsmethoden voorgesteld, maar uiteraard worden deze niet gemakkelijk algemeen aanvaard. Behalve in de mechanische eigenschappen stelt de werktuigkundige belang in de structuur en samenstelling van het materiaal. Door zijn ingrijpen, bijvoorbeeld bij gieten en lassen en ook bij forcerende bewerkingen, kan hij deze mede beïnvloeden. De werktuigkundige kan over het algemeen niet de tijd vinden om zowel over grote breedte als tot op grote diepte studie te maken van de materialen. Hij zal algemeen begrip moeten hebben van de grondslagen der materiaalkunde, maar afgezien van enkele dingen die betrekkelijk toevallig binnen zijn werkring geregeld aan de orde zijn, het meeste moeten overlaten aan materiaalkundigen van verschillende andere opleidingen. Bij dezen vindt men echter slechts zelden veel belangstelling voor vraagstukken van technische mechanica en dit heeft ertoe geleid dat het onderzoek naar de eigenschappen der materialen in verband met spanningen en vormveranderingen een gebied van veel bemoeienis van werktuigkundige is geworden. In dit verband mag worden vermeld, dat de laboratoria voor metaalkunde en voor technische mechanica aan deze Technische Hogeschool ten nauwste samenhangen en dat bijvoorbeeld het vermoeiingsonderzoek aan proefstaven en aan constructie-elementen in één ruimte wordt verricht.

b. De *technische mechanica* heeft vanouds het zwaarst gewogen als grondslag der werktuigbouwkunde en de Delftse hogeschool heeft ten deze een naam gevestigd over de hele wereld. Ik wil hier alleen noemen mijn onvergetelijke vroegere chef, prof. dr. ir. F. K. Th. van Iterson, die ook als directeur van de Staatsmijnen in Limburg voor zijn medewerkers docent en voorbeeld als technisch-wetenschappelijk werker bleef. Ook deze grote droeg het merkteken van zijn tijd. Met vreugde zag hij, dat er na zijn vertrek uit Delft anderen kwamen die weer op andere wijze Delft maakten tot een centrum van het hoogste niveau voor de beoefening der mechanica. Met dankbaarheid wordt daar ook door ons wetenschappelijk corps steun gezocht. Voor een eigen bijdrage tot de ontwikkeling der werk-

tuigkundige wetenschap hecht de groep te Eindhoven het grootste gewicht aan synthese van experimenteel onderzoek en analyse en wijdt zij bij voorkeur haar krachten aan experimenten en rekenwijzen die voor het ontwerp van werktuigkundige constructies en constructie-elementen van directe betekenis zijn. En ook de collega die vanuit de afdeling der algemene wetenschappen de mechanica doceert, wil naast zijn fundamentele studies zich bij de samenwerking met de werktuigkundigen laten leiden door de betekenis voor de toepassing in de werktuigkunde.

Welke zijn nu de hoofdstukken uit de mechanica die voor de werktuigkunde van bijzonder belang zijn? Een centrale plaats nemen in de werktuigkunde de mechanismen in en deze vragen op de eerste plaats om toepassing van de bewegingsmeetkunde of kinematica. Hier mag ik nog éénmaal ir. Vaes noemen, die reeds in de vorige eeuw de strijd is begonnen voor in de werktuigkunde toegepaste kinematica.

Dit was nog vóór het verschijnen van het tweede deel van de klassieke „Technische Kinematik” van Franz Reuleaux. Ook mag ik niet onvermeld laten dat collega Landberg te Delft vele jaren geleden onder de benaming „leer der mechanismen” een nieuwe opzet heeft ingevoerd. Op de door hem gelegde grondslag wordt aan beide technische hogescholen voortgebouwd.

De beginselen der kinematica worden ook te Eindhoven vanuit de afdeling der algemene wetenschappen gedoceerd; de toepassing en enkele bijzondere onderwerpen mogen hoogleraren in de werktuigbouwkunde ter hand nemen. Maar de bewegingsvormen zijn slechts een eerste, noodzakelijk te bestuderen kant van de mechanica binnen de werktuigkunde. Onmiddellijk hierop aansluitend rijzen vragen naar het krachtenspel in evenwichten en in bewegingssituaties. Statica en dynamica moeten dan ook niet minder aandacht krijgen, zowel wat hun grondslagen betreft als in hun toepassing op werktuigkundige vraagstukken.

De doorleiding van de krachtwerking door de werktuigonderdelen brengt ons tot de problematiek van spanningen, vormveranderingen en breukgevaar. Volgende hoofdstukken worden dus spanningsleer en vormveranderingsleer, gekoppeld door slechts experimenteel voor de onderscheiden materialen bepaalbare relaties. De zogenaamde uitgebreide wet van Hooke blijkt voor vele materialen binnen ruime grenzen een alleszins voldoende benadering te zijn en de op de bedoelde lineaire betrekkingen steunende mathematische veerkrachtsleer behoort door ieder academisch gevormd werktuigkundige te zijn bestudeerd en in haar meest belangrijke consequenties te worden doorzien. Nadere uitwerking in toepassing op een aantal standaardbelastinggevallen en op enkele bijzondere vraagstukken mag niet achterwege blijven.

Door de veerkracht in de onderdelen is elke werktuigkundige constructie vatbaar voor verscheidene vormen van trilling. Die trilling kan ongewenst zijn en moet dan binnen de perken gehouden worden, maar ook kunnen mechanische trillingen een nuttige toepassing vinden in de trillingstechniek. Daarom dient iedere werktuigkundige vertrouwd te zijn met de gecombineerde toepassing van dynamica en veerkrachtsleer in vraagstukken over mechanische trillingen.

De materiaalkunde en de mechanica moeten samen te hulp worden geroepen voor het

opsporen en interpreteren van grenzen van geldigheid van de uitgebreide wet van Hooke en voor het vinden van de buiten deze grenzen geldende wetten en dan weer van de grenzen van geldigheid daarvan, met als onherroepelijk laatste de breukgrens.

Voor staal is de plasticiteitsleer reeds ver uitgewerkt. Zij gaat uit van de onderstelling van zgn. ideaal-plastisch gedrag bij belasting tot de vloeevoorwaarde van Huber-Hencky, die door van Iterson werd teruggevonden in een brief van Maxwell aan William Thomson van 18 december 1856⁵.

De plasticiteitsleer vormt een onmisbare grondslag bij sommige berekeningen van statisch belaste constructies. De meningen lopen uiteen, in hoeverre men statisch belaste constructies, bijvoorbeeld staalconstructies, tot het gebied van de werktuigkundige mag rekenen. Maar hij zal toch niet voor elke ondersteuning van anderen afhankelijk kunnen zijn. Ook moet hij op zijn minst de beginselen van de plasticiteitsleer in haar meest eenvoudige vorm in zich hebben opgenomen, wil hij begrip hebben van wat er gebeurt bij onderdelen met voorspanning. Niet uitgedloeide lasnaden geven hiertoe bijvoorbeeld onvermijdelijk aanleiding.

Er is alle aanleiding om voor materialen met niet-lineaire karakteristiek toepassingen der mechanica uit te werken. Dit ligt uiteraard meer in de lijn van de vrije studie van de hoogleraren en hun medewerkers dan in het veld van inzicht en kennis dat algemeen aan studenten moet worden overgedragen.

Tot hiertoe is een allermint volledige opsomming gegeven van wat de werktuigkundige staf van de Technische Hogeschool op het gebied der mechanica ter hand zal moeten nemen. Ik heb slechts enige onderwerpen genoemd die m.i. van het meeste belang zijn voor alle studenten voor werktuigkundig ingenieur en waarop de hoogleraren voor mechanica en andere werktuigkundige vakken hun aandacht primair willen richten.

De ontwikkeling der natuurkunde heeft het voor de fysici weinig aantrekkelijk gemaakt zich bezig te houden met een nadere uitwerking van de mechanica in een vorm die werktuigkundig ingenieurs thans nodig hebben. En hoe belangrijk men ook alle andere aspecten van de moderne natuurkunde moet achten, voor de werktuigkundige opleiding blijft de toepasbare ingenieurswetenschap en de vorming van in de mechanische industrie bruikbare ingenieurs het eerst nodige. De natuurkundigen zoeken de principiële antwoorden op de vragen welke de mechanica aan de natuur moet stellen. De technische mechanica moet vanuit de formulering van die principiële antwoorden wiskundige en experimentele methoden ontwikkelen om op vragen naar het te verwachten gedrag van werktuigen en andere constructies onmiddellijk bruikbare antwoorden te kunnen verschaffen. Deze uitwerking ten dienste van de werktuigkundige wetenschap is een gebied dat alreeds te uitgebreid is om door een enkel geleerde in zijn geheel te worden beheerst; aan de hogeschool te Eindhoven wordt ook de technische mechanica als een der meest fundamentele gedeelten der werktuigkunde gedoceerd en beoefend en zijn er onderscheiden leerstoelen voor ingesteld binnen de afdeling der werktuigbouwkunde.

5) Origin of Clerk Maxwell's electric Ideas, as described in familiar letters to William Thomson, edited by Sir Joseph Larmor, Cambridge 1937, blz. 31.

c. De *technische stromingsleer* kan men ook als een bijzondere tak van de technische mechanica zien. Zij is echter van zo grote betekenis binnen de werktuigkunde en is zo eigen wegen gegaan, dat wij haar een eigen plaats toekennen. Over haar kan in gelijke geest worden gesproken als zojuist over de mechanica. Ook de technische stromingsleer is een zelfstandig deel der werktuigkunde.

De werktuigkundige studie omvat mede de beschouwing van wat er in stromingswerktuigen met gassen en vloeistoffen gebeurt, terwijl ook de smering met gasvormige, vloeibare en deegachtige stoffen slechts op grond van de stromingsleer voor wetenschappelijke behandeling toegankelijk wordt. Niet ongenoemd blijven mag voorts het verband tussen stromingsverschijnselen en warmte-overdracht, een samenhang waarvoor de ogen van vele Nederlandse werktuigkundigen door prof. van Iterson geopend zijn ⁶. Een aanwijzing voor de nauwe verbondenheid tussen stromingsleer en werktuigkunde is wel, dat de enige docent die voor de stromingsleer - als onderdeel der natuurkunde - aan deze hogeschool verbonden is, ook waarneemt voor een leerstoel voor de werktuigbouwkunde, die nog niet kon worden bezet. Het wordt een minimum geacht binnen de afdeling één leerstoel te bezetten voor de kennis der stromingsmachines, zowel opwekkers van stroming als door stroming bewogen werktuigen. De stromingstechniek is van een betekenis, die hogere verlangens kan rechtvaardigen.

d. De *technische warmteleer* is het vierde gebied der natuurkunde dat een zodanige op de techniek gerichte ontwikkeling heeft doorgemaakt dat het tot de technische wetenschap mag worden gerekend.

In feite is dit reeds lang aan de Technische Hogeschool te Delft ingezien, waar hoogleraren in de werktuigbouwkunde colleges over technische thermodynamica en over warmte-overdracht voor hun rekening hebben genomen. Dáár zowel als hier wordt - met goede reden - de eerste grondslag gelegd door hoogleraren in de natuurkunde en wordt - hierop voortbouwend - in de afdeling der werktuigbouwkunde een vrij ver gaande, direct op de warmtetechniek gerichte uitwerking gegeven. Misschien zouden vraagstukken betreffende verbranding ook hier in Eindhoven nog meer aandacht verdienen dan hun van werktuigkundige zijde gewoonlijk ten deel valt.

Geachte toehoorderessen en toehoorders!

De opsomming en toelichting van de grondslagen van de werktuigkunde vergde vrij veel tijd. In de verdere uitwerking van mijn denkbeelden over de werktuigkunde zal dit echter voordeel opleveren. Volgens algemeen gebruik wordt de toegepaste werktuigkunde in twee - wellicht nog iets te veel gescheiden - groepen van colleges en oefeningen voor de studenten uitgewerkt. En de spreker van vanmiddag is zich bewust dat althans hijzelf te weinig aandacht geeft aan wat Veenstra bewerkingskunde heeft genoemd. Deze bewerkingskunde is in het bijzonder aan de eerstbedoelde groep, ook wel onder de benaming mechanische technologie, toevertrouwd. De collega's van die kant maken zich nauwelijks aan een soortgelijke eenzijdigheid schuldig. Zij geven de nodige aandacht aan de andere aspecten, die van functie en constructie van de werktuigen, welke de hoofdschotel vormen van wat als werktuigbouwkunde in het onderwijsprogramma staat.

6) Prof. Ir. F.K.Th. van Iterson — De warmte-overgang van vaste lichamen op turbulent stromende vloeistoffen — "De Ingenieur" 1926, No. 17.

Over de eerste groep zal ik - mij op voor mij te glad ijs gevoelend - weinig zeggen. De intreedes van de collega's Veenstra en De Beer mogen ten deze in herinnering worden geroepen. Zoals de laatste ⁷ kon wijzen op een ontwikkeling van het onderwijs in de mechanische technologie van fenomenologische beschrijving naar analytische behandeling en naar experimentele en synthetische ontwikkeling voor zijn vakgebied, zo is eveneens voor de werktuigbouwkunde een dergelijke ontwikkeling aan te wijzen.

Ook aan de buitenlandse technische hogescholen werd en wordt het onderwijs in de werktuigbouwkunde vaak nog te veel gesplitst naar de soorten werktuigen waarmee de docenten in hun praktijk zich onvermijdelijk min of meer eenzijdig hebben beziggehouden. Ten onrechte kon bij studenten de mening postvatten, dat bijvoorbeeld scheepsstoomwerktuigen zozeer verschillen van landmachines, zuigerpompen van zuigercompressoren, centrifugaalpompen van waterturbines, dat zij praktisch los van elkaar moeten worden bestudeerd en dat deskundigheid aan de éne kant ongeschikt maakt voor werk aan de andere kant, zodat er iets moet mislopen als een constructeur van landmachines zich gaat wagen, aan het ontwerp van een scheepsmachine. Dat dit een misvatting was, bewezen de besten zoals mijn leermeester, wijlen prof. ir. G. Brouwer, hoogleraar voor vaste zuigerstoomwerktuigen te Delft. De door hem ontworpen scheepsmachines waren voortreffelijk en zij worden met goede reden ook nu nog gebouwd.

Nu moet men uit mijn woorden vooral niet verstaan, dat de Eindhovense werktuigkundigen zich inbeelden als eersten te hebben ingezien dat de werktuigbouwkunde meer als één geheel kan worden beoefend en gedoceerd! Wij hebben dit van oude en jonge Delftse collega's geleerd, en gezien hoe daar stelselmatig vernieuwingen in het onderwijs worden ingevoerd. Weer kan het goed zijn te volstaan met het noemen van één naam, die van wijlen prof. ir. B. Kroon. Deze had kort voor zijn overlijden op zich genomen een samenvattend college „algemene werktuigbouwkunde” voor de ingenieursstudie samen te stellen en allen die thans aan werk in de hier verdedigde richting meebouwen, weten dat zij zijn voetspoor volgen.

Uiteraard is er wel aanleiding om op verschillen tussen allerlei werktuigen te wijzen en kan niet zonder meer alles vanuit één gezichtspunt worden afgedaan.

Al ons werk draagt iets van het compromis in zich. Terwijl wij ons beijveren om de samenhang te zien en aan de studenten te tonen, zal toch vooreerst de scheiding blijven bestaan tussen enerzijds colleges in de mechanische technologie en oefeningen in de werkplaats en anderzijds colleges in de werktuigbouwkunde en oefeningen in het construeren.

Van de genoemde vier grondslagen wordt aan beide kanten gebruik gemaakt.

Stromingsleer en warmteleer komen voornamelijk pas na het eerste stadium tot hun recht bij de werktuigbouwkunde, hoewel de warmteleer toch al dadelijk ten tonele verschijnt als men zijn waarnemingen bij de metaalbewerking overdenkt.

De materiaalkunde komt al vroeger meer onder de aandacht enerzijds onder het aspect van de bewerkbaarheid, bij de mechanische technologie, anderzijds bij de beoordeling van de functievervulling, bij de oefeningen op de tekenzaal.

De eerste ronde van colleges in de werktuigbouwkunde stelt het geheel sterk in het licht van de vormbepaling en van de mechanica. Het lijkt goed de studenten de werktuigen

7) Prof. ir. C. de Beer — Ingenieur en vakman in de metaalbewerking — J.B. Wolters, Groningen, 1959.

primair te laten zien als samenstel van doelmatig gevormde onderdelen met vaste en beweeglijke verbindingselementen, waarin onder bepaalde snelheidsverhoudingen krachten werkzaam zijn. Hier is nauwe aansluiting mogelijk op stereometrie, op bewegingsmeetkunde die tot kinematica wordt, als men de constellaties der figuren rangschikt volgens een parameter die men tijd noemt, op statica, dynamica, spanningsleer, elasticiteitsleer, plasticiteitsleer en op breuktheorie, zowel bij enkelvoudige als bij veelvoudige en eventueel met uiteenlopende intensiteit herhaalde belasting. In de eerste inleiding in de werktuigbouwkunde moeten de verschillende eigenschappen van velerlei constructiematerialen natuurlijk ter sprake komen, maar warmte en stroming kunnen - behalve bij behandeling van het hoofdstuk smering - wat op de achtergrond worden gehouden. De eerste ronde omvat niet meer dan zes semestereuren, maar vindt belangrijke aanvulling in de instructies op de tekenzaal.

Hier wordt ook sterk de binding gelegd met wat in oefeningen in de werkplaats en in de laboratoria voor materiaalkunde is ervaren en in de colleges op deze gebieden kan zijn beluisterd. Ook mag erop worden gewezen, dat de totaal zeven semestereuren college in de technische mechanica gedurende de eerste drie semesters een sterk werktuigkundig karakter hebben, zodat bij de colleges en oefeningen in de werktuigbouwkunde vele zaken van principieel belang nog maar in de herinnering behoeven te worden geroepen om de studenten tot begrip van de toepassing te laten komen.

Nadat in de eerste ronde onderdelen en eenvoudige toestellen en mechanismen de studenten nader zijn gebracht, moeten deze onzes inziens in de tweede ronde in aanraking komen met enige hoofdgebieden van werktuigkundige techniek, ook reeds in de laboratoria, maar vooral in constructieve oefening en door samenvattende belichting in colleges.

Deze colleges behoeven niet alles te brengen wat de student terzake zich eigen moet maken. Verwijzing naar in dit stadium voor hem leesbare litteratuur vermeerderd de kans dat hij ook later tijdig naar geschikte litteratuur zal grijpen. Zo wordt voor elk gebied met één semesteruur college volstaan. Het zijn er in totaal vijf, waarvan er één eigenlijk nog een overgangsvorm vertoont. Over hefwerktuigen en staalconstructies wordt namelijk vooral gesproken om enkele in de eerste ronde niet opgenomen algemeen-werktuigkundige beginselen aan de orde te kunnen stellen. Verder gaat het in de tweede ronde dan over zuigermachines, roterende machines, warmtetechniek en over het stoombedrijf in het bijzonder. In deze reeks colleges en oefeningen wordt weinig steun gezocht bij mechanica die uitgaat boven hetgeen hiervan in het derde semester is behandeld. De colleges over stoombedrijf, warmtetechniek en stromingswerktuigen sluiten nauw aan op de juist daarvóór te volgen colleges over warmte- en stromingsleer. Niet lang na het kandidaatsexamen wordt het gemeenschappelijke deel der werktuigkundige studie afgesloten. Voor het ingenieursexamen moet dan - behalve bij enkele uitzonderlijke afstudeer-richtingen - dieper worden doorgedrongen in een beperkt deel der werktuigkunde. Hierin kan de mechanica of één der andere drie genoemde grondslagen een ruime plaats innemen, ook als het hoofdonderwerp in de werkplaatstechniek of in de werktuigbouwkunde wordt gekozen en zeker als men medewerkt aan een onderzoek in een der laboratoria.

Dames en Heren, ik hoop U een indruk te hebben gegeven van de wijze waarop m.i. de aanstaande werktuigkundig ingenieurs doelmatig kunnen worden ingeleid in de vakken die samen de werktuigkunde vormen.

Waar ik vandaag het voorrecht geniet U te mogen vragen Uw belangstelling te richten op wat mij het meest boeit, mocht ik, sprekende over de werktuigkunde en de Technische Hogeschool, veel tijd besteden aan zaken waarvoor ik gaarne in het strijdperk tred.

Twee punten wil ik nog aanvoeren. Uit het voorgaande zoudt U - als U niet al lang beter wist - kunnen concluderen dat de werktuigkundige zich alleen maar bemoeit met beweeglijke constructies. Dat het anders is, laat zich moeilijk verbinden met associaties die het woord „werktuig” opwekt. Maar om niet al te zeer in conflict te komen met de feiten zullen wij verzoend moeten geraken met een ruimer opvatting van „werktuigkundig” en „werktuigkunde”, dan de term „werktuig” suggereert. Ik tracht niet een redelijk sluitende omschrijving te geven, maar wil eenvoudigweg onder „werktuigkunde” en „werktuigkundig” omvat weten alles wat de werktuigkundig ingenieur hier te lande tot zijn eigen vakgebied rekent. Dan vallen onder de werktuigkunde zeker ook de stoomketels en evenzeer de toestellen voor de chemische industrie, de pijpleidingen, de staalconstructies van de hefwerktuigen en transportinrichtingen. Maar niet de staalconstructies van gebouwen en bruggen, zelfs niet beweeglijke klappen daarvan en beweeglijke hoofd delen van stuwen en sluizen! Deze liggen op het traditioneel eigen terrein van de civiel ingenieur.

Voor de werktuigkunde aan deze hogeschool en voor de ontwikkeling der gehele instelling is het m.i. te wensen dat een opleiding wordt toegevoegd die deze nauw aan de werktuigkunde grenzende onderwerpen omvat naast onderwerpen uit de sfeer der civiel en bouwkundig ingenieurs die misschien iets verder af liggen van de „werktuigkunde”.

Ik mag hier ook even aanstippen dat door Nederlandse aannemers een premie van f 100.000,— is uitgelooft voor de eerste verwerkelijking van een soortgelijke opleiding. Wel een bewijs, dat het bedrijfsleven behoefte gevoelt aan zulke ingenieurs!

Maar winstbejag is niet academisch in de goede zin die dit woord kan hebben en is hier ook niet in het spel. De premie kan namelijk niet door één van de bestaande hogescholen worden gewonnen maar wordt voorgehouden aan de steden die wedijveren om één der volgende binnen hun veste te krijgen.

Aan het einde van mijn toespraak gekomen wil ik nog eens getuigen van mijn eigen relativisme ten aanzien van het belang van het betoogde en opmerken dat ik voornamelijk heb gesproken over enige aspecten van de werktuigkunde, die voor mij persoonlijk in mijn werk te Delft en Eindhoven zwaar hebben gewogen. Maar ik besef zeer wel, dat voor velen „de natuurkunde en deze technische hogeschool” of „de wiskunde en deze hogeschool” en zeker ook „de maatschappijwetenschappen en deze hogeschool” belangrijker is. Ik meen dat hier geen rangorde behoeft te worden vastgesteld. Het één zowel als het ander moet voldoende aandacht hebben.

Het is, dunkt mij, niet alleen het recht, maar juist ook de plicht van elke afdeling, onderafdeling of groep van nadere vakgenoten om de betekenis van de aan haar zorg toevertrouwde gebieden van opleiding en onderzoek met klem naar voren te brengen.

De coördinatie moet worden gezocht in onderling overleg, ook in het eigen beleidscollege van de senaat, ook met het college van curatoren.

Hier liggen mogelijkheden van spanningen tussen onderscheiden opvattingen. Maar deze zullen kunnen worden verdragen en onze gehele hogeschool zal zich gunstig kunnen blijven ontwikkelen als in ons allen doorwerkt een geest van onbaatzuchtige toewijding

aan onze plicht, een geesteshouding waarvan rector Dorgelo ons het lichtend voorbeeld heeft gegeven.

Zo moge het zijn dat wij door onze houding zijn gedachtenis blijven eren.