

De constructieve gedachte in de werktuigkundige opleiding

Citation for published version (APA):

Veenstra, P. C., Smit, J., & Zweekhorst, E. T. W. (1962). *De constructieve gedachte in de werktuigkundige opleiding*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek : WT rapporten; Vol. WT0098). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1962

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.



technische hogeschool eindhoven

laboratorium voor mechanische technologie en werkplaatstechniek

rapport van de sectie:

titel:

De constructieve gedachte in de werktuigkundige opleiding.

auteur(s):

Prof.dr.P.C.Veenstra, Dr.J.Smit en
Ir.E.T.W.Zweckhorst.

sectieleider:

hoogleraar:

samenvatting

Er is gepoogd een exposé te geven van de constituenten van het werktuigkundig vakgebied en vooral van het eigene van dit vakgebied. Het zijn deze zaken waarop diepgaande bezinning noodzakelijk is binnen de kring van het wetenschappelijk onderwijs wil dit onderwijs voor de studenten een bebakening door de jungle van de technische wetenschappen kunnen uitzetten; een bebakening die hem niet alleen door de moeilijkheden van zijn studie leidt maar die ook een betrouwbare gids kan zijn op de weg die hij als ingenieur in het bedrijfsleven zal begaan.

De overtuiging is levend dat slechts in het geval dat het wetenschappelijk onderwijs er in slaagt deze bebakening aan te brengen, op de in het begin gestelde vraag of dit onderwijs in staat zal zijn de ingenieurs op te blijven leiden van het type dat in de nabije toekomst nodig zal zijn, bevestigd beantwoord zal kunnen worden.

Het valt ver buiten dit betoog nader in te gaan op de implicaties van deze overtuiging op het "fundamentaliseren" van de wetenschappelijk-technische opleidingen. Dit zij mogelijkerwijze aan een later tijdstip voorbehouden.

prognose

blz. 0 van 11 blz.

rapport nr. 0098

codering:

378.147 : 621

trefwoord:

Werktuig-
bouwkundige
opleiding.

datum:

28-2-1962

aantal blz. 12

geschikt voor
publicatie in:
TEG Medede-
lingen, no.22,
dec. '62,
p.16-20

De constructieve gedachte in de werktuigkundige opleiding.

Naar aanleiding van een voordracht gehouden op 28 februari 1962 te Utrecht voor het Technisch Economisch Genootschap.

Prof. dr. P.C. Veenstra(*)

Dr. J. Smit

Ir. E.T.W. Zweekhorst.

Inleiding.

Indien een poging wordt gedaan het werktuigkundig vakgebied te overzien, is wat opvalt vooral de verbijsterende veelheid van dingen welke tot dit gebied behoren. Het schijnt een vakgebied te zijn dat samengesteld is uit een grote verzameling van deelgebieden, welke ieder op hun beurt veelal weer zijn opgedeeld in soms bijzonder enge specialismen.

Ook de student kijkt met enige verslagenheid naar de chaos die voor hem ligt en waarin hij zijn weg zal moeten zoeken en vinden. Het is voor het onderwijs een zaak van grote zorg dat deze schijnbare chaos voor vele studenten tot een vijandige jungle wordt waarin zij verdwaald raken en omkomen. Een van de oorzaken hiervoor is wel dat zij de tocht zo slecht voorbereid beginnen: immers de werktuigbouwkunde vindt op geen enkele wijze een inleiding op de middelbare school. Maar ook moet de hand in eigen boezem worden gestoken en dient de vraag gesteld te worden of het hoger onderwijs er in voldoende mate naar streeft de wezenlijke inhoud van het vakgebied te etaleren. Of het er in slaagt betrouwbare paden door de jungle af te palen door een eenheid in de veelheid te laten zien. Alleen wanneer dit bereikt wordt draagt het technisch-wetenschappelijk onderwijs van thans het vermogen in zich ingenieurs te vormen die in staat zullen zijn de hen toevallende verantwoordelijkheid tegenover het maatschappelijk bestel in de toekomst te blijven dragen. Deze stelling komt in een nog helderder licht te staan wanneer men zich de snelle en veelal specialistisch gerichte ontwikkelingen realiseert binnen het industriële apparaat en vooral de steeds ingewikkelder wordende structuur van het bedrijfsleven in het patroon van de westerse maatschappij en haar cultuur.

(* Afdeling der Werktuigbouwkunde,
Technische Hogeschool Eindhoven.

Deze problematiek is overal - naar ons voorkomt - een bijzonder levende en is dit zeker binnen de afdeling der werktuigbouwkunde ^{van} de Eindhovense hogeschool. Uit bezinning en discussie is een conclusie gegroeid als een antwoord op de gestelde vragen: de wegwijzer langs het pad door de jungle is de constructieve gedachte - het begrip voor de constructie in ruimere zin. Zoals verderop zal blijken komt dit begrip voort uit het inzicht in datgene wat als het specifieke - het eigene - van het werktuigkundig vakgebied beschouwd moet worden. In de verdere uitwerking zal de weg naar deze conclusie nogmaals bewandeld worden en zal een nadere omschrijving van begrippen worden gegeven waar dit nodig is.

De constituenten van een vakgebied.

Het punt van uitgang is dat in een zich in technisch opzicht ontwikkelende samenleving de hoogste vorm van onderwijs het oorzaken-onderwijs is - in de gebruikelijke terminologie technisch-wetenschappelijk onderwijs genoemd. De aangewezen plaats voor het geven van dit soort onderwijs, dat in zijn grondslagen steunt op het oorzakelijk verband tussen de natuurwetenschappen en de techniek, is de hogeschool. Hier behoort de student in de eerste plaats inzicht te verwerven in hetgeen het door hem gekozen vakgebied constitueert, dus in datgene wat het wezenlijke van zijn vakgebied uitmaakt.

Hij moet daartoe leren zien welke de grondgegevens zijn waaruit de door hem tot onderwerp van studie gemaakte technische wetenschap voortkomt, en hij moet de doelstelling van zijn vakgebied leren onderkennen. Zodoende zal bij hem een inzicht groeien in het eigene, het specifieke, van dat vakgebied. Hij zal dit eigene gaan zien als het bindend element en tot de erkenning komen dat voor ieder vakgebied zo'n binding van eigen geaardheid aanwijsbaar moet zijn. Hij wordt dan niet langer meer verward door de contrasten tussen al die gebieden, doch herkent langzamerhand zowel de eenheid van het eigen vakgebied als de eenheid in het totaal van de technische wetenschappen.

Allereerst zal nu aan de hand van een voorbeeld uit vele gedemonstreerd worden dat de samenstelling van basisgegevens, de doelstelling en het eigene noodzakelijk en voldoende is om een vakgebied te constitueren wat de werktuigbouwkunde het meest nabij ligt, is het naast - en in het vervolg op elkaar bestaan van de theoretische, de experimentele en de toegepaste fysica.

De theoretische fysica gaat uit van basisgegevens welke verkregen worden door waarneming van de natuur en wil komen tot begrip van de natuur. Het eigene is dat de basisgegevens worden samengevoegd tot een model van de natuur, een werkhypothese.

De experimentele fysica neemt basisgegevens verkregen uit begrip van de natuur tot uitgang en stelt zich bevestiging van de juistheid van het model tot doel. Het eigene is dat de basisgegevens worden gevangen, worden ingebouwd, in het experiment.

De toegepaste fysica gaat uit van de begrepen natuur en van het op kwantitatieve wijze geverifieerde verschijnsel. De doelstelling is de vervaardiging van - of tenminste het aantonen van de principiële mogelijkheden welke schuilen in - dingen die in hun werking op dat verworven begrip berusten. Het eigene is de materialisatie, of het open leggen van de weg tot materialisatie, van de begrepen natuur.

Deze wijze van beschouwing komt nu op logische wijze uit in het gebied van de werktuigkunde en het blijkt dat hier aanleiding bestaat onderscheid te maken tussen de werktuigkunde en de werktuigbouwkunde, zoals Schmid^(*) dit in zijn rectorale rede heeft gedaan.

De werktuigkunde gaat uit van de door de fysica gekende natuur, en zij leidt tot een kennis welke voorwaarde is voor - en gericht is op het materialiseren in vorm. Deze zijn de basisgegevens en de doelstelling van het vakgebied. De derde constituent is de wijze waarop de basisgegevens worden gegroepeerd. Het is deze wijze van groeperen en combineren welke de constructie genoemd wordt. Boon heeft hierop reeds geïndiceerd door als grondslagen van de werktuigkunde de mechanica, de leer van de warmte en de stroming en de materialenkunde te noemen.

De werktuigbouwkunde begint waar de werktuigkunde eindigt: zij gebruikt de kennis tot het materialiseren voor het realiseren van de constructie - tot het maken van de dingen. Het eigene is het omvormen tot materiele bruikbaarheid van de basisgegevens in hun gekozen combinaties. Dit sluit mede in de waardering voor het goede handboek, het feitenmateriaal en zondig de betrouwbare vuistregel.

(*) Prof. dr. ir. W.L.H. Schmid.

Voorbereidingen tot de analyse van het begrip "de constructie".

Hier nu, waar het eigene - het bindend element - in het vakgebied van de werktuigkunde is onderkend, is de kern van dit betoog bereikt.

Gevonden is dat een zinvolle combinatie van die basisgegevens welke constituenten zijn voor het vakgebied de essentie van "de constructie" is. Dit dwingt thans een nadere inhoud aan dit laatste begrip te geven.

Daartoe wordt gesteld dat dit begrip het karakteristiek werktuigkundige synoniem is voor een denkwijze, een denkdiscipline, welke in een cyclische gang leidt van een probleemstelling langs een keten van analytische en synthetische elementen naar de doelstelling van het vakgebied: de voorbereiding tot de materialisering. Het begrip "constructie" op deze wijze geïnterpreteerd zal de "constructie in ruimere zin" worden genoemd, zulks in tegenstelling tot de betekenis welke gewoonlijk aan het woord wordt gehecht en die een techniek zal blijken te zijn welke inherent is aan de werktuigbouwkundige methode, inherent derhalve aan de fase van de materiele realisering zelf.

Allereerst, en vooruitlopend op een nadere uitwerking van het hier aangeduide, dient te worden vastgesteld dat het eigene, het specifieke van het totale gebied van de werktuigkunde in de voorbereiding tot verschillende vormen van materialisering op verschillende wijze tot uiting komt - zonder dat het wezen ervan wordt aangetast. Deze differentiatie welke voortkomt uit het bestaan van een veelheid van deelgebieden binnen de werktuigbouwkunde, vindt in feite zijn oorsprong in een schijnbare verscheidenheid van doelstellingen in die deelgebieden; een schijn welke ontstaat uit de verscheidenheid in de vormen van materialisering in die deelgebieden - vormen echter die ieder voor zich karakteristiek zijn voor het deelgebied.

Bij een preciesere beschouwing echter van het vakgebied en zijn deelgebieden blijkt dat de schijnbare veelvuldigheid van deelgebieden en differentiatie van de doelstellingen terug te brengen zijn tot een tweetal groepen, die ieder in zich een grote verbondenheid vertonen. Deze zijn de groep waarbinnen de doelstelling die van de bouw van werktuigen en apparaten is, en de groep welke zich de inrichting van processen gericht op de produktie van goederen en op de omzetting van energie tot doel stelt.

De eerste is de groep van de werktuigkundige constructie in de klassieke zin van het woord, die van de constructie in engere zin - het vakgebied van de ingenieur-constructeur.

De tweede omvat het terrein van de procesingenieur, die in een verbijzondering de produktieingenieur kan zijn.

Deze beide groepen staan niet los van elkaar. Integendeel - het is niet mogelijk de doelstelling in de groep van de processen te bereiken zonder gebruik te maken van werktuigen en apparaten, terwijl anderzijds de concrete materiele doelstelling in de groep van de werktuigbouwkundige constructie veelal wordt ontleend aan de behoeften van het proces.

Deze differentiatie in de doelstelling vindt zijn voortplanting tot in de basisgegevens, hetgeen een andere wijze van zeggen is voor het in de twee deelgebieden op verschillende wijze tot uiting komen van het specifieke van de werktuigkunde.

Zoals reeds zijdelings is opgemerkt zijn deze basisgegevens zonder enige twijfel ontleend aan de mechanica en andere onderwerpen uit de fysica, zoals de leer van de warmte en de stroming - voor zover deze laatste niet tot de mechanica gerekend wordt - en die delen van de fysica welke gericht zijn op verkrijgen van begrip van de eigenschappen van het technische materiaal. De differentiatie in de doelstelling brengt met zich dat deze basiselementen in verschillende wijze van combinatie zullen worden gebruikt en vooral ook dat het gewicht waarmede deze funderingen worden belast zeer verschillend is. Dit introduceert echter geen essentieel verschil tussen de constitutie van de beide deelgebieden en die van het vakgebied der werktuigkunde of dat der werktuigbouwkunde - het eigene wordt niet aangetast, doch telkens op andere wijze gerealiseerd.

De denkwijze - de constructieve gedachtengang, de constructie in ruimere zin - is specifiek voor de deelgebieden zoals hij dat is voor het vakgebied. Deze denkwijze is ook specifiek voor het deelgebied van de processen, een gebied waarbinnen in klassieke zin gezien "de constructie" geen rol van enige betekenis speelt.

In dit verband van voorbereiding tot een nadere analyse van het begrip "constructie in ruimere zin" wordt er nogmaals op gewezen dat het naast elkaar stellen van werktuigkunde en werktuigbouwkunde wezenlijk is en vooral bij bezinning op de didactiek van het wetenschappelijk onderwijs van primair belang is. Immers, hoewel dit onderwijs in de eerste plaats oorzaken-onderwijs is, dient het zich evenzeer te richten op het overdragen van een denkwijze welke het mogelijk maakt de uitwerking van deze oorzaken te vervolgen, en zelfs te voorspellen. In de cyclus van het constructieve denken komen oorzaak en gevolg - fysica, werktuigkunde en werktuigbouwkunde - na elkaar in begrip en in tijd, hoewel de demarcatie niet altijd even scherp is.

De constructie in ruimere zin.

Na al deze voorbereidingen kan thans in detail worden ingegaan op het begrip "constructie in ruimere zin", de omschrijving van de cycli van de constructieve denkwijze.

Zo'n cyclus gaat uit van een probleemstelling - veelal geïnduceerd door een behoefte, welke dan als zodanig herkend moet zijn. Degenen echter die een cyclus van deze aard op gang brengen vallen buiten de zuiver technische sfeer, hetgeen trouwens ook dikwijls geldt voor het simpele herkennen van een behoefte. Reeds hier, in het prille begin van de constructieve cyclus ligt een duidelijk en een essentieel punt van raking tussen de technische wereld en de gebieden van de niet-technische vakken. Hierop wordt nog teruggekomen.

Wanneer het probleem ter oplossing is gesteld, wordt uit de analyse van dit probleem en het op min of meer bewuste wijze combineren en verwerken van gegevens uit de werktuigkunde een gedachtenmodel voor de oplossing geconcipieerd. Vele ingenieurs en zeker vele constructeurs zullen reeds in deze fase het potlood ter hand nemen en een eerste schets op het papier brengen. Deze schets is kennelijk bedoeld als een houvast, als een fixatie van het gedachtenbeeld en als een leidraad voor verdergaande analyse. Deze schets is vooral echter de uitdrukking van een eerste synthetisch element in de gedachtengang, doch niet het creatieve element zelf.

De analyse van het probleem schrijdt voort, op steeds bewuster en exacter wijze gebaseerd op de kennis van de werktuigkunde. Steeds herhaalde afwisseling van het synthetische element en het analytische leidt tot een model van groeiende perfectie; dit betekent dat de komende materiele realisatie van dit model op steeds meer voldoende wijze aan de eisen welke in het probleem zijn gesteld zal beantwoorden - ook aan die eisen welke van niet-technische aard zijn.

Wanneer deze ontwikkeling rijp wordt geacht - welke criteria dan ook ten grondslag mogen liggen aan dit oordeel - wordt de demarcatielijn naar de werktuigbouwkunde overschreden. Aan deze grensoverschrijding gaat steeds een beslissing van de constructeur vooraf; een beslissing welke de ingenieurskunde als een technische wetenschap van mathematische strengheid scheidt en onderscheidt van de ingenieurskunst.

Het is vrijwel steeds onmogelijk het tot zover verkregen model op volledig exacte gronden te optimaliseren; of zoals van Vollenhoven dit uitdrukt: de ingenieur staat steeds voor de oplossing

van een stelsel vergelijkingen waarin het aantal van de onbekenden dat van de vergelijkingen overtreft. De schijnbaar arbitraire waarde-bepaling welke nu voor een aantal van deze variabelen moeten worden ingevoerd berust in wezen op een besliskunde die in zijn uitwerking het niveau van de ingenieur kwalificeert. De eerste signalering van het feit van de grensoverschrijding naar de werktuigbouwkunde is dat het model uitgangspunt wordt voor een constructieve techniek: de vervaardiging van perfecte werktuigbouwkundige constructie- en produktie-tekeningen.

Het is deze techniek welke door zijn geaardheid en door zijn nauwe verbondenheid met het constructieve denken door velen - en zeker door vele studenten - gezien wordt als "de constructie". In feite is het niet anders dan een techniek welke tot doel heeft een perfecte uitdrukking te geven aan de doelstelling van de werktuigkunde: de voorbereiding tot de materialisatie in vorm. In vervolg hierop en vooral in zijn detailuitwerkingen verschaft deze techniek een communicatiemiddel; hij verzekert de enkelvoudigheid in de aard van de aanwijzingen tot fabricage-, hij is deel van de methode welke tot het bereiken van de doelstelling van de werktuigbouwkunde leidt.

De constructieve cyclus kan nu worden voortgezet met de fabricage van een prototype, hetgeen als zodanig beproefd kan worden of dat als object voor verdere experimentele ontwikkeling kan worden genomen. Zelfs is het niet ondenkbaar dat onderzoek en ontwikkeling van fabricagemethoden allereerst aan de orde is.

Al dit soort werk, dat in feite gebaseerd wordt op een constructieve denkcyclus van dezelfde soort maar met een eigen geaardheid, leidt tot het verstrekken van een verfijnde informatie aan de constructeur en geeft hem een beeld tot op welke afstand hij zijn doelstelling heeft benaderd. Deze informatie kan aanleiding zijn tot het beginnen van een nieuwe constructieve cyclus welke in zijn geheel binnen de eerste ligt. Dit aantal van de cycli wordt veelal begrensd door overwegingen van andere dan zuiver technische of wetenschappelijke aard en blijft veelal beperkt tot een enkele.

Deze denkwijze en deze wijze van doen, zojuist geschetst in het gebied van de werktuigkundige constructie is in essentie eigen aan de gehele werktuigkunde, ook aan het deelgebied van "de processen".

Het uitgangspunt is ook hier de probleemstelling, gevolgd door analyse en synthese welke uitmondt in een model. Dit model zal veelal de vorm hebben van een schema van inrichting, van een opsomming van eisen te stellen aan, en specificaties voor apparaten, werktuigen, toestellen, gereedschappen in relatie tot proceskundige of bewerkings-technische gegevens. Het model is de schets van een systeem, een systeem dat ontwikkeld wordt door een procesconstruuteur.

Ook deze constructeur ontwikkelt zijn conceptie, waarbij hij veel van zijn informatie ontleent aan andere vakgebieden dan dat der werktuigbouwkunde, verder in een opeenvolging van synthetische en analytische momenten. Hij brengt deze informatie in steeds nauwer betrekking met de gegevens uit de werktuigkunde - met een eigen belasting van de grondslagen van dit vakgebied - en vooral zeer specifiek met gegevens van niet-technische aard. Ook hier wordt op min of meer arbitraire wijze een afsluiting van de ontwikkeling van het model bereikt en de fase van de materiele realisering van het proces treedt in.

In vele gevallen zal dan sprake kunnen zijn van een proef-fabricage of van inrichting van een proefproces - soms zelfs van de inrichting van een proeffabriek. De verkregen resultaten kunnen aanleiding geven tot het ingaan tot een nieuwe constructieve cyclus door de procesconstruuteur, waarbij hij in zijn gang begeleid kan worden door produktontwikkeling of werktuigontwikkeling - dit is de constructieve aanpassing van het produkt of van het werktuig aan de eisen welke het proces stelt. Hierin vindt de materiele interactie tussen de beide gebieden van constructie in ruimere zin binnen de werktuigbouwkunde zijn uitdrukking.

De methode.

In het voorgaande is gepoogd te demonstreren hoe de werktuigkunde en in vervolg daarvan de werktuigbouwkunde uit de oorzaken voortkomen. Hiermede zijn deze gebieden geplaatst in het totaal van de wetenschappen.

De formatie echter van een gebied van wetenschap, het voortgaan vanuit de oorzaak tot het doel, vraagt een werkoorzaak. Vanzelfsprekend is deze oorzaak hier het menselijk verstand, en dus dezelfde voor alle gebieden van wetenschap.

Waar nu de geaardheid van deze oorzaak het specifieke van de werkwijze, van de methode bepaalt, welke leidt van oorzaak tot doel, is de methode voor alle gebieden van wetenschap dezelfde. Het is de cyclus van analyse en synthese welke tot begripsvorming leidt en in de werktuigbouwkunde in het bijzonder tot materialisatie van dit begrip. Het is de constructie in ruimere zin.

Hoezeer deze denkwijze dan ook universeel is voor alle gebieden van wetenschap, toch is reeds aangeduid dat er in zekere mate verbijzonderingen moeten bestaan welke eigen zijn aan een vakgebied, zodat toch binnen de grenzen van dat gebied van een eigen methode sprake kan zijn.

Wordt erkend dat de werktuigbouwkunde een eigen doen is, de materialisatie in vorm, dan volgt noodzakelijk dat een eigen methodiek aan te wijzen moet zijn. Wordt nu evenzeer erkend dat de werktuigkunde zijn doelstelling bereikt heeft in het verschaffen van de kennis als grond voor dit eigen doen, dan is de eigen methodiek van de werktuigbouwkunde de wijze waarop de basisgegevens verwerkt worden en gestalte krijgen: de eigen methodiek is het werktuigkundig technisch tekenen, een methodiek welke uiteindelijk leidt tot de doelstelling, het materialiseren in vorm.

In feite is het deze methodiek welke het constructieve denken overal en steeds begeleidt. Steeds krijgt de synthese in de denkcyclus vorm in de technische schets of tekening, steeds stapt de constructeur hetzij in de ene-, hetzij in de andere richting over de scheidslijn tussen de werktuigkunde en de werktuigbouwkunde. Het is om deze reden dat de demarcatie tussen deze beide gebieden in de praktijk van het werktuigkundig werk vaag blijft en het is vooral om deze reden dat het technisch tekenen, de exponent van de werktuigbouwkundige methode, de schijn wekt de methode zelf te zijn. Het is om deze reden dat het gevaar bestaat dat de uitblik op de constructie in ruimere zin wordt belemmerd door de techniek van de methode.

Een tweede facet van de eigen methodiek in de werktuigbouwkunde is herkenbaar in de wijze waarop een constructieve cyclus wordt afgesloten, in de wijze waarop de afstand bepaald wordt tussen de doelstelling en het bereikte. De methode hiertoe is veelal de beproeving van het werktuigbouwkundige produkt, de controle van de constructie op de proefstand of zelfs een beproeving van dat produkt in zijn uiteindelijke toepassing. In vele gevallen leidt deze beproeving niet tot evolutie van de hoedanigheden van de beproefde constructie, doch wordt de verkregen informatie pas in een later stadium gebruikt: in de aanvang van een nieuwe cyclus welke tot de constructie van een produkt van dezelfde soort zal leiden.

Evenwel hangt het karakter van de beproeving ten nauwste samen met de aard en vooral met de kostprijs van de constructie. Naarmate deze daalt wordt het mogelijk de aard van de beproeving meer en meer de doen overgaan in die van experimenteren met behulp van de

constructie - die dan in feite een prototype is - en waardoor het mogelijk wordt meerdere constructieve cycli te doorlopen en zodoende de afstand tussen doelstelling en de geconstrueerde realiteit stelselmatig te verkleinen.

Het behoeft nu geen betoog meer dat naar analogie van het voorgaande ook in het gebied van de processen een methodiek van een eigen kleur is te herkennen. Het is evenzeer een methode welke, in feite op dezelfde wijze als de technische tekening dit doet, een illustratie geeft van de in het constructieve denken bereikte fase en die in zijn afsluiting leidt tot materialisering van het proces. Hier zal de exponent vooral het schema zijn, de schema's van inrichting, organisatie en uitvoering van het proces - karakteristiek voor de methode, doch niet identiek met de methode. Zelfs is het zo dat deze methodiek niet voortkomt uit het deelgebied, doch ontleend wordt aan andere vakgebieden veelal van niet-technische aard, en op eigen wijze wordt aangepast aan het bereiken van de eigen doelstelling.

De niet-technische vakken.

In het voorgaande is reeds op impliciete wijze geraakt aan verbanden welke moeten bestaan tussen het vakgebied van de werktuigbouwkunde en de niet-technische vakken. Immers de doelstelling van het vakgebied is de materialisatie; de taak van de ingenieur is steeds gelegen in medewerking aan de ontwikkeling van een systeem dat in zijn toepassing leidt tot het op industriële wijze vervaardigen van nuttige dingen - die aan een behoefte voldoen of een behoefte scheppen.

Dit nut kan niet alleen afgeleid worden uit technische hoedanigheden, maar in even belangrijke mate hebben waarden van economische aard invloed. Deze beide aspecten tezamen bepalen de kwaliteit van het ding. Het optimaliseren van de kwaliteit in deze zin is in feite deel van de doelstelling van de werktuigbouwkunde.

Verder zijn er vanzelfsprekend factoren van financiële aard welke bij de inrichting en het bedrijven van het apparaat tot materialisatie hun rol spelen en hun uitwerking vinden in de kwaliteit.

Evenzo vereist het formuleren van het uitgangspunt van de constructieve gedachtengang, het herkennen en kwantitatief maken van de behoefte welke de probleemstelling voor de constructie induceert, inzicht in en overzicht over problematiek van niet-technische aard.

Uit de doelstelling volgen nog andere contacten met de niet-technische gebieden. Het systeem tot vervaardiging van produkten op industriële wijze is van een steeds toenemende gecompliceerdheid.

De menselijke beperktheid is er de oorzaak van dat het bedrijf niet langer meer tot in zijn details is te overzien en evenzeer wordt het een onmogelijkheid zijn produktiecapaciteit door een enkele hand te doen besturen. De gecompliceerdheid dwingt daardoor tot samenwerking in groeps verband en leidt zodoende tot een functionele en hiërarchieke structuur binnen de industriële samenleving.

Het is hier niet de plaats om ook maar een poging te doen de hieruit voortkomende implicaties van niet-technische aard in het werktuigkundig vakgebied en op de constructieve gedachtengang te benaderen. Het ware gewenst dat de inhoud van de begrippen als operations-research, bedrijfseconomie, bedrijfsorganisatie, arbeidsrecht, groepspsychologie en de sociologie van het werksmilieu vanuit de niet-technische gebieden op steeds bruikbaarere wijze tot de werktuigbouwkunde komen. Een expliciet inzicht in al deze zaken, welke zonder twijfel tot de constitutie van dit vakgebied behoren, dient bij de ingenieur die de constructieve cyclus in zijn volledigheid heeft te voltooien aanwezig te zijn.