

## Procestechniek en apparatenbouw

**Citation for published version (APA):**

Nieuwenhuis, W. E. (1970). *Procestechniek en apparatenbouw*. Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1970

**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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

**PROCESTECHNIEK  
EN  
APPARATENBOUW**

**DRS. W. E. NIEUWENHUIS**

# PROCESTECHNIEK EN APPARATENBOUW

OPENBARE LES

GEGEVEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET AMBT VAN LECTOR IN DE  
CHEMISCHE APPARATENBOUW AAN DE AFDELING DER SCHEIKUNDIGE  
TECHNOLOGIE VAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL TE EINDHOVEN  
OP 8 MEI 1970.

DRS. W. E. NIEUWENHUIS.

*Dames en heren,*

Bij de keuze van het onderwerp van deze openbare les heb ik mij laten leiden door de gedachte in de voordracht enkele aspecten van de filosofie van het vakgebied naar voren te laten komen, en wel uit de overweging dat het vakgebied in kwestie, „*werktuigen voor de procesindustrie*”, of zo men wil „*chemische apparatenbouw*”, hier te lande misschien nog niet zo algemeen bekend is als andere reeds lang grondveste disciplines.

Ik meen ook het openbare van de voordracht te moeten honoreren door het onderwerp voor zo breed mogelijk gehoor begrijpelijk te maken en niet alleen voor vakgenoten. Ook meen ik de vaak gebruikelijke systematische bronvermeldingen achterwege te moeten laten, daar een voordracht als deze eerder als een ééndagsvlieg dan als een aanleiding tot navorsing kan worden beschouwd. Helaas voor mij geef ik zo het voordeel prijs dat geciteerde uitspraken nu eenmaal geloofwaardiger schijnen dan die welke men zelf poneert . . .

Onze tijd wordt gekenmerkt door een versnelde technologische ontwikkeling en we zien als exponent daarvan een in hoog tempo voortschrijdende industrialisering. Kleine industrieën verenigen zich, ter vermeerdering van hun doelmatigheid, tot grote, het productieproces per fabriek voltrekt zich in steeds grotere, economischer eenheden, op grond van de zg. „*economy of scale*”.

Ons interesseert in de context van onze voordracht, die getiteld is „*Procestechiek en apparatenbouw*”, in het bijzonder de *procesindustrie* en de werktuigen, die daarin worden toegepast.

Onder procesindustrie wordt gewoonlijk verstaan de industrie die grondstoffen in massale vorm door chemische, biologische of fysische veranderingen zonder bepaalde vormgeving in producten omzet, waarvan slechts de stoffeïenschappen bepalend zijn. Men rekent hiertoe o.a. de chemische- en petrochemische industrie, de aardolieverwerking, de metallurgische industrie, de fabricage van kunststoffen van glas en van keramiek.

Ook de leer- en papierfabricage, de levensmiddelenindustrie en de energiebedrijven kan men ertoe rekenen. Voor onze uiteenzettingen echter zijn de chemische-, petrochemische, aardolie- en kunststoffenindustrie het meest representatief.

In deze bedrijven ziet men het duidelijkst vloeibare, gasvormige en korrelvormige stoffen in massa doorstromen terwijl zij door fysische en chemische bewerkingen worden omgezet tot eindproducten die eveneens in massa worden weggevoerd.

Menig ingenieur zal in deze sectoren emplooi vinden en kan dan worden geplaatst voor de opgave, hetzij processen te ontwikkelen, of fabrieken en apparaten voor die processen te ontwerpen, danwel in de fabrieken de processen te sturen. In alle gevallen is een goede kennis van de apparaten waar de procesindustrie zich van bedient, vereist.

We zullen trachten een antwoord te vinden op de vraag, welke speciale en algemene kennis voor de opleiding tot procesingenieur nuttig en wenselijk is met het oog op het soort apparatieve problemen dat in de procesindustrie voorkomt. Er mogen dan kringen zijn, die zeer veel op het industrialisatieproces tegen hebben en een associatie van ingenieursopleiding met de industrie veroordelen, we kunnen ons oog niet sluiten voor het feit dat de industrie bestaat en verder moet groeien om onze existentie te waarborgen.

Ik wil hier de industrie en haar techniek zien als de overwinning van de denkende mens op de natuur en als beheersing van de processen, die dienen om producten voort te brengen welke noodzakelijk zijn voor de instandhouding van de samenleving.

Een treffend voorbeeld is de productie van kunstmeststoffen, waarvoor de ammoniaksynthese uit luchtstikstof een basisproces is. Het is ondenkbaar dat de wereldbevolking zichzelf maar bij benadering zou kunnen voeden zonder de massale inzet van deze industrieel bereide hulpstoffen.

Of we bij het industrialiseren winst willen najagen of niet, beroert nauwelijks de noodzaak om zowel met de hulpbronnen die de natuur ons biedt, als met onze eigen faculteiten en inspanningen zo economisch mogelijk om te springen.

Het inzicht waarom een drukvat waarvan de wanddikte of de materiaalsterkte ontoereikend is, uit elkaar kan vliegen, of hoe men waterstof en stikstof met elkaar moet laten reageren om zo voordelig mogelijk aan de begeerde ammoniak te komen, zijn bijvoorbeeld elementen van het complex van onze kennis, die we voor onze

bestaanszekerheid nodig hebben. Verkwistend omspringen met zeer dure, wat synoniem is met zeer schaarse of door grote inspanning verkregen materialen zou, evenzeer als een ondeskundig ontworpen drukvat de samenleving als geheel benadelen. Natuurwetenschappelijk inzicht in de verschijnselen zowel als economisch denken en handelen dienen dus hand in hand te gaan, willen we de materie met een optimaal resultaat aan onze behoefte dienstbaar kunnen maken.

Terloops zij opgemerkt, dat een inventarisatie van onze hulpbronnen en een beheerst, zo economisch mogelijk gebruik daarvan enerzijds en anderzijds een beteugeling van de milieubedervende gevolgen van onze levensverrichtingen in de ruimste zin, noodgedwongen onderwerpen van toenemende zorg en wetenschappelijk onderzoek uitmaken.

Het soort problemen als in het voorgaande aangestipt, vormt in feite een uitdaging voor de ingenieur, waaronder men iemand kan verstaan, die in staat is op economisch verantwoorde wijze concrete dingen te maken die nuttig functioneren. Dat hem die vaardigheid niet met de moedermelk is ingegoten, doch dat hij zich daarin moet bekwamen is uiteraard duidelijk.

Evenzeer duidelijk is, dat een zekere minimum inspanning en studie nodig zijn om tenminste op de hoogte van de stand van techniek en wetenschap te komen. Maar er is meer nodig dan dat. De techniek, onze wetenschap moeten beide verder komen, willen we niet verstarren en door de problemen om ons heen onder de voet worden gelopen.

Het is een bekend gezegde dat met de toename van onze kennis, ook de aanraking met het onbekende wordt vergroot en de problemen zich vermenigvuldigen!

Voor ons betoog is het voldoende om te constateren, dat de tevoren genoemde procesindustrie en aanverwante apparatenindustrie zich, evenals andere sectoren van de nijverheid, in een levendig groei-proces bevinden en om de aandacht van de wetenschappelijk geschoolde technicus vragen. Enkele cijfers mogen dit toelichten.

In de verschillende Westeuropese landen vertoont de chemische industrie de laatste jaren groeicijfers die uiteenlopen van 5 tot 20 % per jaar; in Gr. Brittannië groeit de productie van de chemische

industrie al gedurende een aantal jaren met 6 à 7 %. Volgens een recente prognose zal het aandeel van de chemische industrie in de totale productie van de twaalf Europese landen in 1980 circa 25 % bedragen.

In Nederland heeft de procesindustrie na de oorlog een explosieve groei te zien gegeven. Illustratief hiervoor kan de stijging in de totale ruwe-olieverwerking, die ten dele in de chemische industrie uitmondt, worden genomen. In 1917 was er één kleine raffinaderij met een jaarcapaciteit van 150.000 ton ruwe olie; de voornaamste chemische bedrijven waren de gasfabrieken. In 1938 was de olieraffinagecapaciteit gestegen tot 2,8 miljoen ton per jaar, in 1960 verwerkten 3 oliemaatschappijen in totaal 25 miljoen ton per jaar en in 1969 was dit cijfer verder gestegen tot 75 miljoen ton per jaar, dus tot het driedubbelde, verdeeld over 6 oliemaatschappijen. De Staatsmijnen zullen in de eerstvolgende jaren ca. fl. 200 mln. jaarlijks in hun chemische bedrijven investeren. In samenwerking met de Shell zal voor de grondstoffenvoorziening in Geleen fl. 350 mln. in een olieraffinaderij met een capaciteit van 4 miljoen ton per jaar worden geïnvesteerd.

Verwacht wordt dat in de periode van 1968-1980 in het Westen tenminste voor fl. 300 miljard voor de bouw van raffinaderijen en procesindustrieën zal moeten worden besteed om aan de vraag naar aardolie, aardgas en petrochemische producten te voldoen.

Kenmerkend voor de omvang van de petrochemische industrie is de productie van *ethyleen*, een basismateriaal dat uitgangspunt is voor vele chemische producten, zoals polyethyleen- en polyvinylchloride-plastics, polyester vezels, ethylalcohol, ethyleenoxyde, acetaldehyde. Ethyleen is na ammonia de massaalste petrochemische grondstof en wordt o.a. verkregen door hoge temperatuur kraken van aardolie-distillaten. We zien in snel tempo in West-Europa en de Ver. Staten steeds grotere ethyleenproductie-eenheden verrijzen. De eerste eenheden hadden een productiecapaciteit van 6000 ton ethyleen per jaar; nog geen tien jaar geleden bouwde men eenheden van 20.000 ton per jaar, terwijl nu de standaard economische grootte is gestegen tot 450.000 ton per jaar.

We zien ook over honderden kilometers een netwerk van ethyleen pijpleidingen ontstaan, dat de grote ethyleen productie- en verwerkingscentra onderling verbindt voor een vereffening van lokale

discrepancies tussen productie en verwerking, op een analoge wijze als elektrische centrales aan een internationaal net gekoppeld zijn. Elke ethyleenfabriek onttrekt bij tekort ethyleen aan de pijpleiding en geeft bij overschot ethyleen af.

Uit de bekende bouwprogramma's is af te leiden dat tegen het eind van 1970 de ethyleencapaciteit in West-Europa ca. 8 miljoen ton/jaar zal bedragen. Verwacht wordt dat in de volgende 10 jaar de capaciteit tot ca. 16 miljoen ton/jaar zal stijgen en een investering van ca. fl. 2,5 miljard zal vergen.

Daar ik met deze willekeurige greep uit direkt beschikbare cijfers niets bewijzen wil, alleen illustreren, heb ik ervan af gezien een groot cijfermateriaal systematisch te bewerken, indachtig aan het bekende gezegde: er zijn gewone leugens, eclatante leugens en statistieken! Als enige beroep op uw goedgelovigheid wil ik uit de cijfers de conclusie trekken, dat in de eerstvolgende decennia nog met een flinke groei van genoemde industrieën en daarmee met een dankbaar arbeidsveld voor de procesingenieur en de apparatenconstructeur valt te rekenen.

*Dames en heren,*

Laten we nu enige aandacht geven aan de *procesingenieur* en zijn arbeidsveld.

Toen in Europa de bereiding op industriële schaal van producten in massa, zoals zout, suiker, zeep, glas begon, ontwikkelden zich uit de ambachten der middeleeuwen de afzonderlijke industriële bereidingswijzen of processen zonder enig onderling verband. Elke industrie hechtte bijzondere waarde aan zijn specifieke methoden, zonder dat een basiswetenschap de gemeenschappelijke principes blootlegde, die aan alle processen ten grondslag lagen.

Het indampen van zoutoplossingen in de zoutziederijen bijvoorbeeld werd niet als dezelfde grondoperatie gezien als het indampen van suikeroplossingen in de suikerfabrieken. Elke fabriek had zijn ervaren werkmeesters, die de kneepjes van het vak kenden; een proces verliep bij de gratie van hun empirie en persoonlijk gevoel, de vingertoppen en de tong waren hun instrumenten. Met de opkomst van de chemische industrie en haar producten, zoals Leblanc soda proces, zwavelzuur, de koolteerleurstoffen, ontstond meer en meer de



behoefte aan een wetenschappelijke benadering van de processen en er ontstond ook een begeleidende industrie, die zich toelegde op de constructie en het ontwerpen van de werktuigen die de chemische industrie nodig had.

In Engeland ontstond omstreeks 1880 een ingenieurswetenschap, of misschien beter een sector in de opleiding, die werd aangeduid met „*chemical engineering*”, wat we kunnen vertalen met „*chemische techniek*” of „*processtechniek*”. In 1878 formuleerde Levinstein in een lezing van de „Society of chemical industry” het vak aldus: „I apprehend that the expression chemical engineering, by which I understand the conversion of laboratory processes into industrial ones, is by very few appreciated to the extent which it deserves, and the devising and constructing of plant and appliances in chemical and similar works is as a rule left either to engineers who are not conversant with the chemistry of the processes for which the apparatus is destined or to the works mechanic, who simply proceeds by the rule of thumb, or else it falls to an inexperienced chemist who understands nothing of engineering”.

Het is nauwelijks nodig uit te leggen dat in de Verenigde Staten met zijn zeer snelle industriële en technologische groei, die niet geremd werd door historische banden en vooroordelen, de conceptie „*chemical engineering*” met grotere verve dan in Europa werd overgenomen en tot verdere ontwikkeling gebracht. Zowel in Engeland als in de Verenigde Staten is „*chemical engineering*” een erkend beroep met een eigen vakvereniging en een gespecialiseerde opleiding. De British Institution of Chemical Engineers, opgericht in 1922 definieert de chemical engineer als „a professional man experienced in the design construction and operation of plant and works in which matter undergoes a change of state and composition”.

Het American Institute of Chemical Engineers, gesticht in 1908, formuleert aldus: „Chemical engineering is that branch of engineering concerned with the development and applications of manufacturing processes in which chemical or certain physical changes of material are involved. These processes may usually be resolved into coordinated series of unit operations and unit chemical processes. The work of the chemical engineer is concerned primarily with design, construction and operation of equipment and plants in which these unit operations and processes are applied. Chemistry, physics and mathe-

matics are the underlying sciences of chemical engineering, and economics its guide to practice”.

In 1901 verscheen in Engeland het eerste leerboek over chemical engineering van de hand van George E. Davis, in 1923 in Amerika gevolgd door het zeer bekend geworden boek „Principles of chemical Engineering” van Walker, Lewis, Mc Adams en Gililand. Natuurlijk zijn er sindsdien vele andere zowel samenvattende als gespecialiseerde werken verschenen, die de modernste stand van het vakgebied behandelen. Slaan we nu zulke vakboeken op, dan valt in het bijzonder op dat naast de noodzakelijke basis van fundamentele disciplines, zoals wiskunde, mechanica, fysische chemie, thermodynamica, reactiekinetica, stromingsleer, warmteoverdracht, moleculaire transportverschijnselen, de z.g. „unit operations” oftewel *grondbewerkingen* en de *daarbij behorende gespecialiseerde werktuigen*, zoals pompen, compressoren, warmtewisselaars, centrifuges, filters, destillatietorens, extractietoestellen, drukvaten, mengers, afscheiders, kristallisatoren en nog verschillende andere apparaten ter sprake komen.

Het is hier zeker opportuun wijlen Prof. W. J. D. van Dijck te memoreren. Hij heeft in de jaren na 1936 in zijn functie van hoogleraar in de fysische technologie aan de Delftse Technische Hogeschool belangrijk ertoe bijgedragen de technologie in Nederland van een puur beschrijvende te maken tot een systematische wetenschap, die gebaseerd is op fundamentele begrippen en een fysisch mathematische benaderingsmethode.

De ontleding van de gecompliceerde productieprocessen van uiteenlopende aard in een aantal zich in alle fabrieken herhalende grondbewerkingen of „unit operations”, die toegankelijk zijn voor een algemene fysisch-mathematische aanpak en waarvoor gespecialiseerde fabrikanten de apparaten kunnen leveren, is ook een conceptie, die wij op het vaste land van Europa hebben overgenomen van Engeland en Amerika.

De term „unit operations” werd door A. D. Little in 1915 voor het eerst voorgesteld en verder door Walker, Lewis en Mc Adams in het zoëven genoemde in 1923 verschenen boek consequent gebruikt. Deze benadering van de proces technische problemen heeft zeker in belangrijke mate bijgedragen tot de snelle ontwikkeling van onze

technische hulpmiddelen en van de industrie van de proceswerktuigen, de zogenoemde *apparatenbouw*.

Er is vanzelf een intensieve wisselwerking ontstaan tussen de procesontwikkeling enerzijds, waarbij men voortdurend zoekt naar nieuwe procédés en daarbij graag de door de stand van de techniek opgelegde conditielimiteringen in druk, temperatuur, materiaalbestendigheid en schaalvergroting doorbreekt, en anderzijds de apparatenbouw, ondersteund door de metallurgie en kunststoffentechnologie, die regelmatig sterkere en bestendiger materialen, grotere en betere werktuigen beschikbaar stellen.

Nog steeds is de apparatenindustrie in dynamische ontwikkeling en worden de grenzen van het mogelijke verschoven naar hogere drukken en zowel hogere als lagere temperaturen en grotere productie-eenheden. Vooral op het punt van de schaalvergroting van de productie-eenheden, die gebleken is een van de belangrijkste kostenverlagende factoren te zijn, helpt de apparatenindustrie de apparatieve limiteringen te overwinnen.

Enkele voorbeelden mogen dit toelichten. Tot voor een tiental jaren was de grootte van de praktisch drukloze cilindrische opslagtanks voor petroleumproducten beperkt tot ca. 30.000 m<sup>3</sup>. Daar de tanks op het vrije veld zonder nagloeien uit plaatstaal gelast moeten worden, werd de plaatdikte op 37 mm gelimiteerd. Met het beschikbare staal 37, dat een rekgrens heeft van 20 kg/mm<sup>2</sup>, was de grootte gelimiteerd tot 30.000 m<sup>3</sup>. Intussen is het staal 52 met een rekgrens van 40 kg/mm<sup>2</sup> tegen een acceptabele prijs beschikbaar gekomen en kunnen tanks van 120.000 m<sup>3</sup> tegen een lagere m<sup>3</sup>-prijs dan de kleine tanks gebouwd worden. Deze kolossale tanks hebben een diameter van 80-90 m bij een hoogte van 20-25 m. Onlangs werd bekend gemaakt dat Japan in 1976 dertig van deze tanks zal hebben gebouwd.

In de ketelbouw streeft men, om een zo hoog mogelijk rendement bij de opwekking van elektrische energie te verkrijgen, naar de toepassing van hogere temperaturen en drukken. Deze liggen nu reeds bij 300 atm. en 650 °C, hetgeen slechts mogelijk is door gebruik te maken van z.g. kruipvaste chroommolybdeen stalen, die tevens bestand zijn tegen de hoge temperatuur oxidatie door stoom.

*Kruip* is de langzaam voortschrijdende plastische vervorming van staal onder invloed van een constante spanning die nog beneden de

vloei-grens ligt. Dit verschijnsel wordt sterker bij toenemende temperatuur en limiteert de toelaatbare procestemperatuur. Om deze reden heeft men speciale staalsoorten voor fornuispijpen en hoge temperatuur buisreactoren ontwikkeld. In dit soort installaties zijn thans temperaturen in de pijpen van 900 °C normaal bereikbaar.

In het kryogene gebied, dat is bij temperaturen beneden zeg -30 °C, heeft men te maken met het bros worden van de constructiemetalen. Op onvoorziene wijze kan dan de z.g. *brosse breuk* optreden. De metallurgie heeft staalsoorten en andere metalen, zoals koper, nikkel en aluminium gebracht, die goed bruikbaar zijn voor het kryogene gebied.

Hier kan de steeds meer toegepaste opslag van vloeibaar gemaakte gassen bij lage druk en zeer lage temperaturen worden genoemd. Voorbeelden zijn waterstof bij ca. -260 °C, zuurstof bij ca. -180 °C, methaan en aardgas, het laatste bekend als LNG „liquid natural gas”, bij -160 °C tot -180 °C en tenslotte ethyleen bij ca. -104 °C. De chemische industrie gebruikt lage temperaturen o.a. bij de gefractioneerde destillatie van ethyleen, dat met een zuiverheid van 99,9 % moet worden verkregen. In dit proces wordt ethyleen van methaan gescheiden in een fractioneerkolom die werkt bij -100 °C en een druk van 30 atmosfeer.

Voor de evengenoemde toepassingen gebruikt men bij bovenatmosferische drukken staallegeringen met 9 % nikkel of voor de extremere condities legeringen met 18 % chroom en 8 % nikkel. Voor de drukloze kryogene opslag van vloeibare gassen in dubbelwandige tanks gebruikt men doorgaans aluminium voor de binnen-tank en staal voor de buitenmantel.

De trend naar schaalvergroting wordt duidelijk gedemonstreerd door de bouw van mammoettankers. Enkele voorbeelden uit de apparatenbouw zijn:

1. De toenemende capaciteit van reactoren voor de ammoniak-synthese. In 1940 was de standaardcapaciteit 80 t/d, deze was in 1950 140 t/d, in 1960 300 t/d en in 1970 1500 t/d.
2. Ruwe-oliedistillatie-eenheden werden tot voor kort gebouwd met een capaciteit van ca. 11.000 t/d, de nieuwere eenheden hebben een

capaciteit van 26.000 t/d, dat is ca. 8 miljoen ton ruwe olie per jaar. De afmetingen van de hoofdistillatietoren zijn voor de twee capaciteiten: doorsnede 4.60 m, hoogte 36 m, staalgewicht 90 ton respectievelijk doorsnede 7.30 m, hoogte 41 m, staalgewicht 270 ton.

3. Een recent ontworpen installatie voor het hydreren van olie zal een reactor krijgen met een diameter van 3,5 m, een hoogte van 20 m en een wanddikte van 16 cm. Werkdruk 140 atm., temperatuur 430 °C. Het staalgewicht bedraagt 400 ton. Voor de opstelling moet een speciale kraan met bemanning over de oceaan aangevoerd worden. De fabricagekosten van de reactor bedragen ca. fl. 1,8 miljoen, terwijl voor transport en opstelling nog fl. 1 miljoen moet worden uitgegeven.

#### *Dames en heren,*

De geweldige expansie van de procesindustrie heeft vele nieuwe processen, nieuwe producten en verbeterde technieken in het leven geroepen. In het algemeen is de gang van zaken bij de technische totstandkoming van een nieuwe fabriek de volgende. De commerciële en marktanalytische criteria laten we hier even buiten beschouwing.

In het laboratorium worden de principes en merites van een nieuw proces door wetenschappelijk onderzoek vastgesteld. Men verzamelt daarbij de experimentele gegevens die nodig zijn voor de verdere technische uitwerking. De laboratoriumresultaten worden vervolgens door proceskundige ingenieurs op grond van berekeningen en de kennis van industriële apparatuur vertaald in een schema voor de fabriekmatige uitvoering van het proces. In dit z.g. *processchema* worden de afzonderlijke apparaten en machines voor de diverse in het proces voorkomende grondbewerkingen samengevoegd tot de geïntegreerde productieinstallatie, waarin alle grondbewerkingen tot een economisch en technisch sluitend geheel harmonisch moeten samenwerken.

Van elk onderdeel moet men nauwkeurig de grootte en werkcondities, dat zijn temperatuur, druk en stofstromen en stofsamenstellingen, vaststellen. Deze gegevens zijn o.a. noodzakelijk om de apparaten-industrie in staat te stellen de juiste apparaten aan te bieden. In een

tijdig stadium moet, op grond van het voorlopige processchema, een voorlopige kostenschatting van het proces gemaakt worden. Deze economische doorlichting van het proces kan beslissend zijn voor het al of niet uitvoeren.

Alvorens het definitieve ontwerp van een fabriek te gaan uitwerken bouwt men veelal eerst nog op zeer kleine schaal een proeffabriek om additionele ontwerpgegevens te verkrijgen en om zeker ervan te zijn dat geen onvoorziene moeilijkheden de werkelijke grote schaaluitvoering in de weg zullen staan. Vooral het vaststellen van de fysische regels voor de schaalvergroting is van zeer groot belang. De moeilijkheden die overwonnen moeten worden, kunnen enorm zijn, wanneer men tracht een product in tonnen te produceren, dat de chemicus in zijn laboratorium in grammen bereidde.

Het ontwerpen van het processchema ligt op het terrein van de procesingenieur. Het is duidelijk dat hij het een en ander moet weten van de soort apparaten en machines die verkrijgbaar zijn en die nodig zijn voor de realisatie van het project. Hij moet een goed inzicht hebben in hun limiteringen, kosten en bedrijfskarakteristieken.

Komt het tot een definitieve uitvoering van het procesontwerp, dan ontstaat een keten van werkzaamheden die om een rationele arbeidsverdeling in de projectorganisatie vraagt. Vooral bij grote projecten is deze organisatie van doorslaggevend belang om de fabriek binnen de daartoe gestelde tijd en kostenraming te bouwen en zonder ernstige gebreken in productie te brengen. Deze projectorganisatie is ook een vrucht van de laatste decennia en heeft de grote kans gegeven aan een specifieke ondernemingsvorm, die we zeker expliciet vermelden moeten: het ingenieurs- of ontwerp bureau, in Engeland en Amerika *contractor* genoemd.

Er hebben zich, beginnend in de U.S.A., maar allens over de gehele wereld, een aantal contractorfirma's gevormd van internationale reputatie. In Nederland zijn er thans een 7-tal grote contractors gevestigd. Deze ondernemingen hebben een zodanige staf, dat zij de contractuele uitvoering van projecten van procesontwerp tot en met installatie en inbedrijfneming geheel op zich kunnen nemen. Gemiddeld realiseren zij elk bij een personeelsterkte van ca. 400 man een investering van ca. fl. 300 miljoen/jaar.

Hun diensten kunnen geheel aangepast worden aan de wensen van de opdrachtgevers en kunnen variëren van elk onderdeel tot het totale project.

De gigantische projectactiviteiten hebben ook die ondernemingen, die over eigen ontwerpafdelingen beschikken ertoe gebracht, o.a. wegens piekbelastingen en capaciteitlimiteringen, op grote schaal van de diensten van contractorfirma's gebruik te maken.

Daar ook bij de contractoren enige specialisatie bestaat, verdeelt men het werk soms over meerdere van deze firma's. Als regel houdt men de algehele supervisie en die onderdelen, die een specifieke kennis bevatten, aan zich. Een recent voorbeeld is de geplande raffinaderij in Geleen voor levering van grondstoffen aan de chemische industrie van de Staatsmijnen. Dit project zal geheel door een combinatie van vier contractoren worden gebouwd.

De afwikkeling van een project omvat de volgende onderdelen:

1. Procesontwerp.
2. Fabrieksschema, d.i. de werktuigbouwkundige concretisering van het processchema door het aangeven van leidingen, appendages, apparaten, meet- en regelinstrumenten, enz.
3. Tekenwerk en gedetailleerde constructietekeningen.
4. Werktuig-specificaties en ontwerpen.
5. Materiaal- en werktuigbestellingen.
6. Keuring en afname van de apparaten bij de leveranciers.
7. Bouw en constructie.
8. In bedrijfstelling.

Het werk verbonden aan een gecompliceerd project is zeer omvangrijk en veelzijdig en het is wel duidelijk dat, wil het project slagen, een coördinatie van de gang van zaken noodzakelijk is, evenals een goed technisch samenspel tussen de technici en specialisten van diverse vakrichtingen. In dit samenspel vindt de „chemical engineer” evenals de werktuigbouwkundige ingenieur op vele posten een zinvolle taak.

Het zal bij grote omvang van het werk doelmatig zijn specialisten in het organigram op te nemen, bijv. iemand of een groep die alleen pompen en compressoren behandelt, anderen die zich bezig houden met warmtewisselaars of fornuizen, terwijl er weer anderen zijn voor

opslag tanks, pijpleidingen, instrumentatie, enz. De specialisten behoeven dit niet van huis uit te zijn, maar kunnen uit het algemene reservoir van de ingenieurs door interne opleiding en zelfscholing worden gevormd. Dikwijls zal ook een zekere roulatie plaats vinden. Aanvankelijk gespecialiseerde ingenieurs kunnen ook geroepen worden voor meer coördinerende taken en zullen dan veel meer op hun algemene achtergrond gaan steunen. Bekend is het grapje: „Je begint je te ontwikkelen tot specialist, dat wil zeggen je gaat hoe langer hoe meer afweten van een steeds kleiner gebied, totdat je alles afweet van niets. Met de jaren klim je op en gaat van steeds meer dingen steeds minder afweten, totdat je van alles niets afweet. Dan ben je manager”. Er wordt ook wel eens gezegd: „Coördineren is het niet uitstellen tot morgen wat je vandaag door een ander kunt laten doen”.

#### *Dames en heren,*

Wanneer we stellen dat op onze technische hogescholen de studierichting fysische technologie het meeste de vakrichting „chemical engineering” benadert, dan meen ik dat het juist is een zekere kennis van „chemische apparatenbouw” in het leerprogramma op te nemen. Immers, zowel bij de procesontwikkeling, als bij het ontwerpen van fabrieken en bij de operatie van de processen, wordt de procesingenieur geconfronteerd met de problematiek van de functie en de constructie van apparaten. De constructieve uitvoering van apparaten behoort weliswaar tot het vakgebied van de werktuigbouwkundige ingenieur, maar bij de analyse van de functionele kenmerken en de berekening van de werking en bij schaalvergroting komen fysische technologie en werktuigbouwkunde bij elkaar. Een scherpe afgrenzing van de vakgebieden is nauwelijks mogelijk noch zinvol. Voor een goed samenspel van technici van verschillende vakrichting is een onderlinge communicatie een eerste vereiste en daarvoor is nodig, dat zij elkaars taal en de inhoud van de door ieder van hen gehanteerde vakbegrippen verstaan.

Het zal voor een goed inzicht in de fabrieksbouw en de grofstoffelijke factoren die de realisatie van een proces bepalen, aanbeveling verdienen, dat de procesingenieur vertrouwd gemaakt wordt met de werktuigbouwkundige aspecten van de diverse grondbewerkingen en de daarvoor gebruikte apparaten. Het zal voor een goede samenwerking met zijn werktuigbouwkundige collega's nuttig zijn als hij



enige elementaire kennis heeft van de technische mechanica en de sterkteleer. Tenslotte is het belangrijk dat de procesingenieur het een en ander afweet van materiaalkunde, dus van de mechanische en andere eigenschappen van constructiematerialen en hun bestendigheid tegen de corrosieve inwerking van de vele verschillende chemische producten die in de processtromen kunnen voorkomen.

Ervan uitgaande dat de technoloog voldoende wordt geschoold in fundamentele wetenschappen, ben ik van mening dat het vak apparatenbouw het beste op een praktische basis kan worden gegeven, d.w.z. in de eerste plaats door het verwerven van praktische kennis van de verschillende typen apparaten die in een fabriek voorkomen. Vanuit deze concrete voorstellingen kan men dan terugwerken naar de theorie, voor zover als nodig en nuttig is. Dit is ook meer de gang van zaken in de praktijk: de praktische problemen ontstaan eerst en vragen dan, echter niet altijd, om een theoretische verklaring. De methode om eerst een abstracte opbouw van de theorie te geven en terloops enkele praktische toepassingen als toevallige bijzonderheden te vermelden is misschien wel fraai, echter niet doelmatig om het noodzakelijke gevoel voor praktische fabrieksbouw bij te brengen. Enkele hoofdapparaten zoals pompen, compressoren, warmtewisselaars, fornuizen en reactoren die in vrijwel ieder fabrieksontwerp voorkomen, zullen om een diepgaander behandeling vragen. Ongetwijfeld bestaat het gevaar dat de stof door de grote verscheidenheid van apparaten onsamenvattend wordt en niet uitkomt boven feitenkennis en rekenrecepten. Een beperking van de breedte is daarom zinvol terwille van de algemene samenhang en de fundamentele principes. Immers, een ingenieur zal bij de voortdurende ontwikkeling van de techniek, toch steeds met niet-gestandaardiseerde problemen geconfronteerd worden en hij zal dan veel hebben aan vertrouwdheid met algemene methodes van aanpak en fundamentele principes.

*Dames en heren,*

Ik hoop dat ik erin geslaagd ben u het vakgebied werktuigen voor de procesindustrie te schetsen tegen de achtergrond van de industriële ontwikkeling en het arbeidsveld van de procesingenieur.

Ik dank u voor uw aandacht.