

Het samenspel der technologieën

Citation for published version (APA):

Thijssen, H. A. C. (1965). *Het samenspel der technologieën*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1965

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.

HET SAMENSPEL
DER
TECHNOLOGIEËN

REDE

UITGESPROKEN BIJ HET AANVAARDEN VAN

HET AMBT VAN HOOGLERAAR

IN DE AFDELING DER

SCHEIKUNDIGE TECHNOLOGIE

AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN

OP VRIJDAG 8 OKTOBER 1965

DOOR

DR. IR. H.A.C. THIJSSEN

*Mijne Heren Curatoren,
Mijnheer de Rector Magnificus,
Mijne Heren Hoogleraren, Lectoren en Docenten,
Dames en Heren Leden van de Wetenschappelijke, Technische en
Administratieve Staven,
Dames en Heren Studenten,
en voorts
Gij allen, die door Uw aanwezigheid blijkt geeft van Uw belangstelling,*

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Op de vraag wat iets is, verwachten wij allen sedert onze prille kinderjaren een naam, een soortnaam. Niet altijd echter leidt de naamvermelding tot verheldering van ons inzicht. Zo moet het antwoord op de vraag: wat is een walvis? luiden: een zoogdier uit de orde der walvisachtigen, behorend tot de baardwalvissen en meer in het bijzonder bekend als walvis of echte walvis. Iets dergelijks als met deze naamgeving kan ook optreden bij een benoeming, bijvoorbeeld wanneer iemand die zichzelf kende als technoloog in de voedingsmiddelenindustrie, een leeropdracht ontvangt in de fysische technologie binnen een afdeling der scheikundige technologie.

Het is duidelijk dat de walvis – of zoals wij inmiddels hebben geleerd: de echte walvis – niets naders omtrent zichzelf zou kunnen verklaren zonder inzicht omtrent zijn verhouding tot de familie en orde waartoe hij behoort. De produkttechnoloog, die thans voor U staat, heeft het nog moeilijker dan de walvis, zelfs afgezien van de kwestie of hij recht heeft op het epitheton „echte”. Immers, niet alleen moet hij ophelderen wat technoloog of technologie betekent, maar ook zal hij moeten vaststellen of er wel een hiërarchische verhouding bestaat tussen hem en de reeds genoemde technologieën, zoals tussen echte, baardige en andere walvisachtigen.

Het behoeft geen betoog, dat we deze relatie eerst met vrucht kunnen uitwerken, wanneer wij ons een duidelijk beeld kunnen vormen van het begrip technologie. Daar technologie een goed ingeburgerd woord is, zouden we daartoe in de eerste plaats te rade kunnen gaan bij de bijbel van onze Nederlandse taal, van Dale's „Groot Woordenboek”.

Volgens deze bron wordt de technologie omschreven als „de leer van de handelingen waardoor de mens de voortbrengselen van de natuur tot stoffen verwerkt ter bevrediging van zijn behoeften”.

Daar het woord „leer” overdracht van reeds aanvaarde waarheden of grootheden inhoudt, brengt deze definitie duidelijk tot uitdrukking, dat de technologie ook die gebieden zou omvatten waar een wetenschappelijke basis van de handelingen ofwel inzicht nog geheel ontbreekt en er slechts sprake is van overdracht van door empirie verkregen kennis of vaardigheid. Het druist echter tegen de gevoelswaarde in die we aan het woord technologie toekennen om ook uitsluitende ervaringsoverdracht, zoals het drogen van vlees in de zon door de primitieve mens, als technologie te bestempelen.

Wanneer we twijfelen aan een woordverklaring, is het goed te trachten de oorsprong van dat woord na te gaan. Het blijkt dat technologie een samenvoeging is van de twee Griekse begrippen technê en logos. Technê had bij de oude Grieken de betekenis van het ingrijpen van de mens in de natuur; ook de vaardigheid van een verrichting werd door hen onder technê verstaan. Logos betekende rede, datgene wat men beredeneerd doet of waarin de rede werkzaam is.

Van Dale's omschrijving van technologie geeft derhalve alleen de waarde weer van de technê, ofwel de techniek en het ambacht, en negeert het tweede lid der samenstelling. Een verantwoorde omschrijving zou dan ook moeten luiden: „de wetenschap van de handelingen waardoor de mens de voortbrengselen van de natuur tot stoffen verwerkt ter bevrediging van zijn behoeften”. Volledig analoog, doch kernachtiger luidt de door de Oxford English Dictionary gegeven definitie: „technology is the scientific study of the practical or industrial arts”.

De technologie heeft zich tegen het einde van de negentiende eeuw en goed op gang komend na het uitbreken van de eerste wereldoorlog, ontwikkeld vanuit de industrie. Zij markeert hier de overgang van de door overlevering, ervaring en incidentele uitvindingen uit het ambacht gegroecide produktiemethoden naar de rationele, op wetenschappelijke basis gefundeerde, procesvoering.

Haar ontwikkeling vanuit de nijverheid heeft tot gevolg gehad dat de technologie aanvankelijk werd ingedeeld naar de takken van de nijverheid waarop zij betrekking had en aldus gescheiden en verdeeld haar eerste groei doormaakte. Zo ontstonden als zelfstandige rijken o.a. de suikertechnologie, de petroleumtechnologie en de zuiveltechnologie.

Bij deze, op het produkt gerichte, technologieën wordt de gehele reeks van bewerkingen en processen beschouwd die nodig is voor het voortbrengen van een bepaald produkt. De voordelen van deze bestuderingsvorm zijn evident. Met name door de geconcentreerde aandacht die hiermee op een bepaalde bedrijfstak werd gericht, kon veel tot de ontwikkeling van die bedrijfstak worden bijgedragen. Ook het onderwijs paste zich snel aan en alras kreeg men opleidingen, gericht op deze produkttechnologieën. Wat men zich in debeginperiode niet realiseerde, was dat de produkttechnologieën in feite samen gestelde of geïntegreerde technologieën zijn die vele gemeenschappelijke elementen vertonen. De consequentie was dan ook dat al deze technologieën op eigen kracht moesten doorgroeien en er van een onderlinge bevruchting nog geen sprake kon zijn.

Toch kwam reeds in 1902 de Engelsman George E. Davis tot het inzicht dat de wetenschappelijke basisprincipes, die aan de processen en bewerkingen in de meest uiteenlopende bedrijfstakken van de chemische industrie ten grondslag liggen, in wezen dezelfde zijn. Met dit inzicht legde Davis het fundament voor de moderne algemene technologie. De processen werden door hem ook niet meer, zoals gebruikelijk bij de produkttechnologieën, gezien als een van grondstof tot eindprodukt afgerond en voor het produkt karakteristiek proces, doch als een samenbouw van een aantal standaardbewerkingen of eenheidswerkwijzen die in elk willekeurig proces kunnen worden teruggevonden.

De algemene technologische benadering vond echter nog weinig navolging en kwam eerst onder druk van de eerste wereldoorlog tot ontwikkeling. De grote stoot werd gegeven door de Amerikanen, die zich, na afgesneden te zijn van de leveranties van de grote Duitse chemische industrieën, genoodzaakt zagen zelf chemische industrieën uit de grond te stampen. Het was dan ook pas in 1915 dat aan de door Davis onderkende eenheidswerkwijzen algemene aandacht werd besteed. In dat jaar heeft de Amerikaan Arthur D. Little voor het eerst de benaming „unit operations” aan deze eenheidsbewerkingen toegekend. Tot deze unit operations worden o.a. gerekend de rectificatie, de extractie, de kristallisatie, het verdampen, het drogen, het filtreren, het mengen en het zeven.

Men is toen begonnen de grondslagen van deze eenheidswerkwijzen op grote schaal te bestuderen. Daarmee werd de mogelijkheid geschapen verworven inzichten en ervaring tussen de produkttech-

nologieën uit te wisselen en deze tot een versnelde ontwikkeling te brengen.

Daar de unit operations niet strikt aan een bepaald produkt gebonden zijn, laten zij zich geheel onafhankelijk van de bijzondere technologieën bestuderen. Het is deze mogelijkheid tot onafhankelijke bestudering die de unit operations karakteriseert als een produktonafhankelijke, dus algemene technologie.

Gestimuleerd door het succes dat werd behaald met de unit operations trachtte men alras ook andere gemeenschappelijke sleutels voor de bijzondere technologieën te vinden. Zeer voor de hand lag hierbij de gedachte de processen in te delen naar mechanische bewerkingen, fysische bewerkingen en processen, en chemische processen. Denken wij bijvoorbeeld aan de bereiding van polyethyleen, dan kan men de produktie globaal indelen in een fysische voorbereiding, zoals het zuiveren van grondstoffen door destillatie; een chemisch proces, namelijk de polymerisatie; en een mechanische nabewerking, zoals het extruderen van het polymeer tot granulaat.

Het eerst hebben zich op grond van deze indeling de mechanische en de fysische technologie ontwikkeld. De mechanische technologie werd als een reeds bestaande wetenschap overgenomen uit de mechanische industrie. Daar immers was het reeds van den beginne af duidelijk dat het niet zinvol is de processen en bewerkingen te rangschikken naar de eindprodukten. De kennis die bijvoorbeeld nodig is voor het maken van een gietstuk wordt namelijk niet bepaald door de vorm van het gietstuk maar door de beheersing van het gietproces.

Tot de mechanische technologie wordt gerekend het veld van wetenschap dat zich richt op bewerkingen die vormverandering van materie beogen. Tot die mechanische bewerkingen behoren alle werkplaats-technieken; het plastisch deformeren; het verkleinen van materie, zoals het malen; en het vergroten, zoals het vlechten en weven. Deze mechanische bewerkingen kunnen alle tot een grote graad van ontwikkeling worden gebracht zonder gericht te zijn op een bepaald voortbrengsel of produkt.

De fysische technologie, die zich richt op de bestudering van fysische bewerkingen en de analyse van fysische transportverschijnselen, is voortgevlodid uit de bestudering van de unit operations. Deze zijn immers alle zuiver fysische werkwijzen. Op grond van haar ontstaanswijze uit de unit operations wordt de fysische technologie wel gede-

finiëerd als „de wetenschap van de methoden en werkwijzen waarmee men stoffen kan veredelen door deze een fysische verandering te laten ondergaan”. Bij nadere beschouwing blijkt het arbeidsveld van de fysische technologie echter veel ruimer te liggen, want zij omvat tevens de veredeling van stoffen door chemische bewerkingen. Bij elk chemisch reactieproces dienen de reactanten immers langs fysische weg, namelijk door stroming en/of diffusie, met elkaar in contact te worden gebracht, de vereiste reactiewarmte moet worden aangevoerd of afgevoerd en de reactieproducten dienen door sedimentatie, kristallisatie, verdampen of adsorptie te worden verwijderd.

Het heeft lang geduurd voordat de fysische technologie zich van uit de chemical engineering heeft ontwikkeld tot een zelfstandige technische wetenschap. In Nederland was het eerst in 1948 dat de fysische technologie als zodanig werd onderkend en als een volwaardige wetenschap werd toegevoegd aan het programma van de Technische Hogeschool te Delft. Sindsdien is deze wetenschap echter uitgegroeid tot een waar beenderstelsel voor de gehele technologie en is een verdere groei en bloei van de produkttechnologieën zonder dit ondersteunend beenderstelsel niet meer denkbaar.

Na de behandeling van de mechanische bewerkingen en de fysische bewerkingen en processen rest mij nog een nadere analyse van de chemische processen. Chemische processen lijken, juist doordat zij ingrijpen in de bouw van het molecuul, zich duidelijk af te scheiden van de mechanische en fysische bewerkingen. Aanvankelijk trachtte men dan ook tot een uniforme bestuderingsvorm van de industriële chemische processen te komen door deze in analogie met de unit operations in te delen naar zogenaamde „unit processes”, reactieprocessen die men in de gehele chemische industrie steeds weer tegenkomt. Tot deze unit processes werden o.a. gerekend het oxyderen, het hydrogeneren, het sulfoneren en het nitreren. Door de sterke toename van het aantal technische reactieprocessen en de grote verscheidenheid van industriële katalysatoren moest deze bestuderingsvorm door haar onhanteerbaarheid echter al gauw worden verlaten. Bovendien bleek dat het succes van een reactie in belangrijke mate wordt bepaald door de beheersing van het voor de reactie noodzakelijke fysisch transport. De bestudering van de industriële chemische processen kon dan ook eerst tot een technologie uitgroeien nadat men deze is gaan funderen op zowel de chemie als de fysische technologie.

Wegens de gebondenheid met de chemie en de toegepaste natuurkunde dient de beoefenaar van de chemische technologie derhalve zowel een goed chemicus, met bijzondere kennis van de katalyse en de reactiekinetica, als een goed fysisch technoloog te zijn. Daar figuurlijk gesproken de meesten onder ons slechts een beperkte spanwijdte hebben, is het ook voor een chemisch technoloog niet mogelijk zowel de chemie als de fysische technologie volledig te beheersen.

Voor de beoefening van de chemische technologie is dan ook een samenspel vereist tussen de chemische technologie en de fysische technologie. In dit samenspel ontleent de chemisch technoloog zijn waarde aan zijn bijzondere kennis van de chemie en behoeft hij geen bijdrage te leveren tot de verdere ontwikkeling van de zuivere fysische technologie.

De geïntegreerde vorm van de wetenschapsbeoefening die de chemische technologie voorstelt, mag zich in Nederland sinds het einde van de tweede wereldoorlog in een groeiende belangstelling verheugen. Wij hebben hierin een voorsprong op onze buurlanden Engeland en Duitsland. Tot op heden wordt in Engeland de chemische procesindustrie nog uitsluitend ontwikkeld vanuit een samenspel van de fysisch technoloog en de pur sang chemicus. Dit jaar nog las ik in het tijdschrift *British Chemical Engineering* een vurig pleidooi voor het oprichten van een opleiding in chemische technologie. Ook in Duitsland wordt met alle bezwaren van dien de ontwikkeling in de procesindustrie nog hoofdzakelijk bedreven door een samenspel van chemici en *Verfahrensingenieure*.

Geachte Toeboorders,

Uit het zojuist gegeven historisch overzicht heeft U kunnen afleiden dat er in het ontwikkelingsproces van de technologie duidelijk twee fasen kunnen worden onderscheiden. In de eerste fase zagen we de geboorte en groei van volledig van elkaar afgeschermd productietechnologieën. De tweede fase kenmerkte zich door het groeiend inzicht dat elke productietechnologie uit een beperkt aantal bouwelementen is samengesteld. Als gemeenschappelijke bouwelementen zijn in de tweede fase geleidelijk de mechanische, de fysische en de chemische technologie tot ontwikkeling gekomen.

Met de algemene technologieën alleen kan uiteraard nog geen productietechnologie worden bedreven. Hiervoor is naast de kennis en studie

van de voor die technologieën specifieke elementen, zoals kennis van de grondstoffen, halffabrikaten en eindprodukten, ook nog een synthese vereist. Het onderkennen van de genoemde elementen in een productieproces en de synthese van het door onderzoek van deze elementen verworven inzicht tot een economisch verantwoord proces moet daarom als een geheel aparte wetenschap worden gezien. Deze wetenschap die nabij komt aan wat de Amerikanen verstaan onder de zogenaamde „chemical engineering”, vertegenwoordigt het gemeenschappelijk hoofdelement van alle produkttechnologieën. Een goede benaming voor deze wetenschap is proceskunde, een term die wij danken aan college Rietema.

Essentiëel van de proceskunde is dat zij zich bezighoudt met het onderzoek en het opstellen van regels volgens welke een proces economisch kan worden samengesteld en uitgevoerd. Zij verdiept zich daarbij niet in de wetenschappelijke achtergrond van details in het proces; die worden overgelaten aan de jurisdictie van de desbetreffende specialisten, zoals de chemici, fysisch technologen en apparatenbouwers.

De opbouw van een produkttechnologie moet dan ook worden gezien als een symfonieorkest dat wordt gedirigeerd door de proceskunde en waarvan de partijen worden gespeeld door de warenkennis van die technologie, de proceservaring, de mechanische technologie, de fysische technologie en eventueel de chemische technologie.

Als wetenschappelijke discipline bevindt deze vorm van algemene-technologiebeoefening – het dirigeren van het orkest – zich nog in het embryonale stadium en wordt ook nog nauwelijks als zodanig onderkend.

De misverstanden rond het samenspel van de algemene technologieën en met name betreffende de plaats die de proceskunde bij het samenspel inneemt, worden wel duidelijk geïllustreerd door de heersende opvattingen betreffende de unit operations.

De unit operations worden, daar het alle zuiver fysische scheidingswijzen zijn, zonder enig voorbehoud gerekend tot het vakgebied van de fysische technologie. Deze etikettering is, gezien in het licht van het voorgaande, echter alleen juist indien we bij het bestuderen van deze unit operations onze aandacht uitsluitend richten op het effect van de transportverschijnselen die zich in en tussen de fasen afspelen.

Richten we onze aandacht op de uitvoeringsvorm van de unit operations, kijken we naar het gehele apparaat en gaan we de merites van

diverse voor een gegeven proces in aanmerking komende unit operations, zoals rectificatie, extractie en kristallisatie, met elkaar vergelijken, dan dienen we de bestudering van deze unit operations te rekenen tot de proceskunde. De unit operations immers zijn reeds technisch en vooral ook economisch verantwoorde deelprocessen, resulterend uit een synthese van de kennis van de fysische transportverschijnselen, van de kunde om een gegeven proces een jasje aan te meten, dus de apparatenbouw, en last but not least van een stevige dosis door de jaren opgedane proceservaring. Vooral ook het beoordelen van de betekenis van een bepaalde unit operation in een proces is een typisch proceskundige aangelegenheid.

De eerste stap van de proceskundige is dan ook het kiezen van de unit operations en het bepalen van de volgorde van deze unit operations, waarmede een proces op economisch optimale wijze kan worden gerealiseerd. Vervolgens zal hij voor elke unit operation een keuze moeten doen uit een groot aantal technische uitvoeringsmogelijkheden.

Indien de bewerking het scheiden van een mengsel van vluchtige stoffen door middel van rectificatie betreft, zal hij moeten kiezen tussen gepakte kolommen en schotelkolommen. Binnen de begrenzing van het kolomtype is er weer de keuze van respectievelijk het meest eigende vulmateriaal of het meest voor het specifieke systeem geschikte schoteltype.

De keuze van het type contactlichaam zal worden bepaald door de toelaatbare drukval over de kolom, de belasting van de kolom, de te verwachten vervuiling van de kolom, de toelaatbare verblijftijd en verblijftijdsspreiding; de corrosiviteit, schuimende werking en viscositeit van het te scheiden mengsel; en de kostprijs van het contactmateriaal. Voor de gewenste scheidingsscherpte berekent hij de relatie tussen het aantal benodigde transfer units of theoretische schotels en de terugvloeiverhouding van de destillatiekolom. Hij berekent, indien de keuze is gevallen op een schotelkolom en een bepaald schoteltype, o.a. de invloed van de schotelafstand en de gas- en vloeistofbelasting op het rendement van de schotels. Uit deze veelheid bepaalt hij tenslotte in welke uitvoeringsvorm, met welke constructiematerialen en bij welke terugvloeiverhouding niet alleen de gewenste scheiding wordt verkregen, maar vooral ook hoe deze scheiding bedrijfszeker en op de meest economische wijze kan worden uitgevoerd.

De proceskunde richt zich dus op het procesontwerp waarbij naast de

eigenlijke procesapparatuur de aandacht ook wordt gericht op de benodigde hulpapparatuur en hulpapparaten, het transport van materie en energie naar en van de procesapparatuur, en de procesregeling.

De fysische technologie daarentegen schouwt dieper dan het integrale effect van een bewerking of proces. Zij tracht door een bestudering van de fysische mechanismen die aan de processen ten grondslag liggen, tot een begrijpen van het procesgebeuren te komen en vanuit dit inzicht het hare bij te dragen tot de verbetering van die processen. Naast de consolidatie van reeds bestaande processen kunnen de verworven inzichten uiteraard ook leiden tot de ontwikkeling van geheel nieuwe processen.

De fysische mechanismen zijn terug te voeren tot een beperkt aantal hoofdvormen, namelijk het transport van impuls, materie en thermische energie binnen één fase, de overdracht van impuls, materie en thermische energie tussen twee fasen en energietransformaties zoals de degradatie van mechanische energie in thermische energie.

Het onderzoek naar het effect van deze transportverschijnselen is alleen goed uitvoerbaar als een proces hierbij wordt opgevat als een imperfecte organisatie van een groot aantal min of meer identieke elementairprocessen. Bij deze benaderingswijze wordt de kwaliteit van een proces, bijv. op een destillatieschotel, dan zowel bepaald door de kwaliteit van het elementairproces als door de kwaliteit van de organisatie waarmee deze elementairprocessen ten nutte moeten worden gebracht. Dit samenspel laat zich illustreren door de verschijnselen die zich kunnen voordoen bij het verplaatsen van een zware ijzeren balk door tien even sterke mannen. De kwaliteit van het elementairproces is in dit beeld het prestatievermogen van één man. De snelheid waarmee de balk in de gewenste richting wordt gedragen, wordt nu bepaald èn door de organisatie van de mannen èn door de kwaliteit van het elementairproces. Wanneer de organisatie slecht is en vijf mannen zich trachten te bewegen in een richting tegenovergesteld aan die der overigen, kunt U raden wat het resultaat is. De balk komt ook niet van zijn plaats als de elementairprocessen naast de balk gaan wandelen. Het transport geschiedt eerst met maximale snelheid als de organisatie perfect is en alle elementairprocessen zich al dragend in de gewenste richting bewegen.

In een fysisch proces geldt als elementairproces de kleinste eenheid die nog representatief voor het gehele proces mag worden geacht. Die kleinste eenheid, welke een gasbel met omringende vloeistof of een

oplossend kristal kan zijn, leent zich door haar enkelvoudigheid het best voor een kwantitatieve bestudering van de optredende transportverschijnselen. De organisatie wordt bepaald door de wijze waarop de fasen, waarin en waartussen het elementairproces zich afspeelt, langs elkaar stromen. Gegevens betreffende de organisatie worden dan ook verkregen door bestudering van de stromingsprofielen in de fasen of door bepaling van de spreiding in verblijftijd binnen de fasen.

De analysetechnieken welke zijn ontwikkeld voor het bestuderen van deze complexe transportverschijnselen, zijn karakteristiek voor de fysische technologie. Zij kenmerken zich door een combinatie van empirische methoden en zich steeds beter ontwikkelende exacte benaderingen.

Na deze globale kennisname van de methoden van de fysische technologie zal het U duidelijk zijn dat zij in feite op toepassing gerichte natuurkunde is, welke wordt gekruid met de kunde van de industriële processen. In haar beoefening reikt de fysische technologie dan ook van de zuivere fysica – wij denken hierbij aan het fundamentele turbulentieonderzoek – tot de pure techniek, zoals het ontwikkelen van nieuwe cyclonen of extractieapparaten. Het arbeidsveld van de fysische technologie kan nog enigszins worden afgebakend door haar te definiëren als:

de industriële wetenschap van de fysische aspecten van de methoden en werkwijzen, waarmede men stoffen door een ingrijpen in de bouw van het molecuul, door een verandering van de fysische toestand of door verandering van vorm kan veredelen.

Dames en Heren,

Uit het voorgaande is naar voren gekomen wat onder technologie wordt verstaan, hoe de structuur van de produkttechnologieën moet worden gezien en welke rol met name de fysische technologie kan spelen in de ontwikkeling van deze op het produkt gerichte technologieën. Door de wat abstracte behandeling is echter dat aspect van de fysische technologie dat appeleert aan elk goed ingenieur, namelijk haar industriële betekenis, nog niet goed tot haar recht gekomen. U kunt mijn voorkeursrichting voor het aan deze hogeschool aan te vatten onderzoek raden, wanneer ik de synthese van de fysisch-technologische principes en het industriële nut van die synthese nader tracht te illustreren aan bewerkingen in de voedingsmiddelenindustrie.

Deze industrie behoort nog tot die tak der nijverheid waar de proceskunde en de fysische technologie maar nauwelijks zijn gepenetreerd en nog veel tot de ontwikkeling kunnen bijdragen.

De ten opzichte van de chemische industrie vertraagde technologische ontwikkeling kan niet worden toegeschreven aan haar geringe betekenis voor de Nederlandse economie; het tegendeel is zelfs waar. Volgens het C.B.S. bedroeg in 1963 de omzet van de voedings- en genotmiddelenindustrie een kleine 13 miljard gulden ofwel 50 procent van de jaaromzet van de gehele Nederlandse procesindustrie.

Er zijn een aantal belemmeringen in de voedingsmiddelenindustrie die een vermeerdering van inzicht in de proceswerking, de procesbeheersing, en de procesoptimalisatie in de weg staan. In de eerste plaats zijn daar de grote variabiliteit en de gecompliceerdheid van de grondstoffen. De verwerking van plantaardige of dierlijke grondstoffen gaat bovendien veelal gepaard met biochemische en/of biofysische veranderingen van het produkt. Mede door de vaak geringe chemische stabiliteit kan een verwerkingsmethode, die op zich juist is en die in de chemische industrie met succes wordt toegepast, leiden tot kwaliteitsveranderingen die het eindprodukt ongeschikt maken voor de consumptie.

De verbetering van reeds bestaande processen en de ontwikkeling van nieuwe wordt ook ernstig belemmerd doordat de kwaliteitsanalyse zeer ingewikkeld is. Op dit punt heeft de chemische industrie het doorgaans veel gemakkelijker; daar kan de kwaliteit van grondstoffen, halffabrikaten en eindprodukten veelal langs objectieve en kwantitatieve weg worden vastgelegd. Daar wordt kwaliteit volledig bepaald door de fase-toestand of faseverhouding, chemische samenstelling en zuiverheid van de componenten. Bij voedingsmiddelen daarentegen wordt de kwaliteit mede bepaald door een veelheid van andere factoren, zoals voedingswaarde, verteerbaarheid, vorm, structuur, reologische eigenschappen, waterbindend vermogen, kleur en de uiterst subjectieve factoren als smaak en geur.

De vraag is nu of deze hindernissen, ofschoon bepaald veel groter dan bijvoorbeeld in de chemische industrie, ook onneembaar zijn en een belemmering zullen blijven vormen. Het antwoord kan stellig ontkennend zijn. Grote gebieden van de voedingsmiddelentechnologie liggen als vruchtbare grond op de bewerking door de fysisch technoloog te wachten.

Eén van die gebieden dat zich ondanks de chemische, biochemische en

colloidchemische problematiek toch goed leent voor fysisch-technologische exploitatie en mij bijzonder bekoort, omvat het concentreren en het drogen. Deze technieken, die o.a. worden toegepast bij het ontwateren van vruchtesappen, bier, melk, koffie-, thee-, vlees- en groente-extracten, nemen een belangrijke plaats in onder processen in de voedingsmiddelenindustrie.

Naast het water in de te concentreren en/of te drogen voedingsmiddelen, zoals vruchten of vlees, zijn ook vele vluchtige geurstoffen aanwezig. Doordat deze geurstoffen de kwaliteit van het produkt in belangrijke mate bepalen, onderscheiden de in aanmerking komende ontwateringsprocessen zich wezenlijk van de verdampings- en droogtechnieken in de overige procesindustrieën. Tot behoud van de kwaliteit dient de waterverwijdering namelijk selectief plaats te vinden, zonder dat zulks gepaard mag gaan met ongewenste reacties.

Een nu reeds klassiek te noemen zwak selectieve gedeeltelijke ontwatering wordt verkregen door een vluchtige geurstoffen bevattende oplossing, bijvoorbeeld vruchtesap, in te dampen, de geurstoffen bevattende waterdamp te rectificeren en het aldus verkregen geurstoffenconcentraat weer toe te voegen aan het door indampen geconcentreerde vruchtesap.

Zuiver fysisch gezien lijkt deze methode gezond. Doordat echter de meeste vluchtige componenten van natuurproducten zeer instabiel zijn, treden er bij concentreren van deze componenten buiten het natuurlijke milieu van het beschermend moederextract chemische reacties op, die de kwaliteit van de geurstoffen nadelig beïnvloeden. Een tweede bezwaar klevend aan deze werkwijze is dat bij rectificatie alleen die geurstoffen kunnen worden geconcentreerd en teruggevoerd die in waterig milieu aanmerkelijk vluchtiger zijn dan het water.

Het is nog niet onderzocht in hoeverre door extractieve destillatie met elektrolytoplossingen die een sterk uitzoutend effect sorteren, ook de weinig vluchtige geurstoffen op kwalitatief en economisch verantwoorde wijze kunnen worden teruggewonnen.

Voor een zo goed mogelijk behoud van de kwaliteit dienen de destillaties uiteraard bij lage temperatuur, bij voorkeur beneden 65° C, te worden uitgevoerd en is het vaak gewenst of zelfs noodzakelijk dat de verblijftijd in de destillatiekolom zo kort mogelijk is. Voor de realisatie van zeer korte verblijftijden en vooral van geringe verblijftijdsspreidingen in de destillatieapparatuur is nog veel onderzoek vereist.

Een scherp selectieve gedeeltelijke ontwatering kan worden verkregen door gefractioneerde kristallisatie in tegenstroom. Evenals bij destillatie kan het proces in een lange kolom worden uitgevoerd. Aan één uiteinde van de kolom wordt ter bewerkstelling van de kristallisatie warmte onttrokken en aan het andere uiteinde de benodigde warmte voor het smelten van de ijskristallen toegevoerd. Het proces wordt nu zo ingesteld, dat de ijskristallen zich van de kristallisator naar de smelter gaan bewegen. De vloeistoffase stroomt dan in tegenovergestelde richting van de smelter naar de kristallisator. Aan de zijde van de smelter zal nu vrijwel zuiver water ontstaan en aan het andere uiteinde van de kolom een geconcentreerde oplossing die slechts zuiver water heeft verloren. Althans in theorie kan het water bij dit kristallisatieproces met een zuiverheid van 100 procent uit waterige oplossingen worden geïsoleerd.

Een voor de fysisch technoloog zeer interessant aspect van deze werkwijze is, dat tijdens het transport van de dendrietvormige ijskristallen in tegenstroom met de oplossing, zowel een extractie vanuit de ijsconglomeraten als een ijsrekristallisatie in de conglomeraten optreedt. Het gefractioneerd uitkristalliseren van water in tegenstroom lijkt een goed realiseerbaar en zeer aantrekkelijk proces. Vooralsnog heeft dit procédé echter nog geen praktische toepassing voor het concentreren van waterige oplossingen gevonden.

Weer op een geheel ander principe berusten de selectieve ontwateringen die door membraanscheiding kunnen worden verkregen. Onder membraan moet hier worden verstaan een scheidingswand tussen twee fasen, ter dikte van enkele tientallen microns. Een membraan vertoont selectief permeabele eigenschappen indien het slechts één component uit een vloeistofoplossing of een gasmengsel preferent doorlaat. Componentscheidings met selectief permeabele membranen kunnen zowel voor de fasesystemen gas-gas, vloeistof-gas, als vloeistof-vloeistof worden uitgevoerd. Tot voor kort beperkten de experimenten met membraanmaterialen zich nog uitsluitend tot kunststoffen, zoals foelies van cellofaan en celluloseacetaat. Veelbelovend lijken zowel de selectieve vloeistof-membraan-gas als de vloeistof-membraan-vloeistof separaties. Ofschoon er reeds enkele semi-technische installaties in bedrijf zijn die op deze scheidingsmethode berusten, dient er nog heel wat water door experimentele membranen te vloeien, voordat deze processen zich lenen voor industriële toepassingen.

Ik zou deze interessante, doch nog volledig in het ontwikkelings-

stadium verkerende processen ook niet vermeld hebben, indien de resultaten niet van groot belang waren voor de ontwikkeling van selectieve *droog*processen. Uit recent onderzoek is namelijk gebleken dat ook eiwitten en koolhydraten, de hoofdcomponenten van te drogen natuurprodukten, bij een laag vochtgehalte een geprononceerde selectieve permeabiliteit voor water vertonen.

Het effect van deze selectieve eigenschappen op het behoud van de geurstoffen bij het drogen kan ik als volgt illustreren. We denken ons daartoe een druppel vruchtesap, welke wordt aangeblazen met hete droge lucht. Indien de droogcondities goed zijn gekozen, zal het water sneller van het oppervlak verdampen dan dat het vanuit het hart van de druppel wordt aangevoerd. Na korte tijd zal de nog waterrijke druppel zich dientengevolge hebben omgeven met een dun droog huidje. Daar dit huidje bij een laag vochtgehalte selectief permeabel voor water is geworden, kan het alleen nog water doorlaten en worden de geurstoffen in de druppel achtergehouden.

Verwacht mag worden dat door gericht onderzoek van de transportverschijnselen die optreden bij het drogen van geurstoffen bevattende natuurprodukten, droogtechnieken kunnen worden ontwikkeld, waarmee de geurstofverliezen tijdens het drogen tot een minimum worden teruggebracht. Door de sterke verwantschap van de optredende transportverschijnselen in het drogend materiaal met de transportverschijnselen in selectief permeabele kunstmembranen, kan bij dit typisch op voedingsmiddelen gericht fysisch-technologisch onderzoek worden geprofiteerd van de ontwikkelingen in de nieuwe membraantechnologie.

Uit de voorbeelden die ik U heb getoond moge duidelijk naar voren zijn gekomen, dat het fysisch-technologisch onderzoek gericht op één produkttechnologie nooit specifiek is voor de bijzondere technologie en altijd weer vruchten afwerpt voor de gehele industriële ontwikkeling.

Dames en Heren,

Zoals bij elke professionele sport gaat het ook bij het samenspel der technologieën, het motief waarvoor ik hedenmiddag Uw aandacht heb gevraagd, niet om het spel maar om de knickers. De opstelling der medespelers dient dan ook uitsluitend te worden bepaald door het nuttig effect op de verbetering in de industriële behoeftenvoorziening van de mens. Dat het spel desondanks, of misschien wel dankzij deze

doelgerichtheid, met enthousiasme wordt beoefend, bewijst wel het grote aantal goals dat de technologie de laatste decennia heeft gescored. Ik hoop dat ik erin ben geslaagd U een idee te geven van de rol die aan de fysische technologie en de proceskunde in dit wetenschappelijk samenspel moet worden toebedeeld.

Bij de officiële aanvaarding van mijn ambt moge ik op de eerste plaats mijn eerbiedige dank betuigen aan *Hare Majesteit de Koningin* voor mijn benoeming tot hoogleraar aan deze Technische Hogeschool.

Mijne Heren Curatoren,

Door mij te willen voordragen voor deze leerstoel heeft U blijk gegeven een groot vertrouwen in mij te stellen. Dit temeer, omdat mijn primaire opleiding in de landbouwkunde een andere oriëntatie lijkt in te houden en niet bepaald een gebruikelijke weg vormt naar het vakgebied van de fysische technologie. Mijn dank zal ik trachten uit te drukken door er in de uitoefening van mijn ambt naar te streven aan Uw verwachtingen te beantwoorden.

Mijne Heren Leden van de Senaat,

Ik beschouw het als een voorrecht in Uw kring te worden opgenomen. De verantwoordelijkheden, welke dit voorrecht met zich meebrengt, zouden mij doen huiveren indien ik mij niet gesteund wist door de ervaring en wijsheid van Uw college.

Mijne Heren Leden van de Afdeling der Scheikundige Technologie,

Wanneer Uw afdeling als representatief mag worden gezien voor het technisch hoger onderwijs, gaat Nederland als industriële natie een veilige toekomst tegemoet. Alvorens ook maar een bescheiden aandeel in Uw zo zuiver gerichte activiteiten te kunnen bijdragen, zal ik nog veel van U allen moeten leren. Graag spreek ik de hoop uit dat Uw gebundelde didactische gaven ook mij zullen optrekken tot Uw hoge standaard.

Waarde van Loon, Koningsberger en Keulemans,

Door U ben ik in contact gekomen met deze nieuwe gemeenschap. Ik vertrouw erop dat U mij ook als collega Uw waardevolle adviezen niet wilt onthouden.

Waarde Rietema,

Het is mij een behoefte jou ook officiëel dank te betuigen voor de wijze waarop je mij hebt ontvangen en de verantwoordelijkheden van de sectie met mij hebt willen delen. Ik stel mij veel voor van onze vriendschap en toekomstige samenwerking.

Hooggeleerde Van Wijk,

In de jaren dat ik bij U als student-assistent werkzaam was, werd mijn belangstelling geleidelijk omgebogen van de landbouwkunde naar de toegepaste natuurkunde. Een radicale wending aan mijn loopbaan heeft U echter gegeven door mij na mijn afstuderen in de gelegenheid te stellen bij U te promoveren op een destillatieonderwerp. Uw scherp kritische zin bij het stellen van problemen en Uw volhardend en aanstekelijk enthousiasme om die problemen ook tot een bruikbaar en liefst zo exact mogelijke oplossing te brengen, hebben in belangrijke mate tot mijn vorming bijgedragen. Zonder U, waarde Van Wijk, zou deze oratie niet gehouden zijn.

Mijne Heren Directeuren en Medewerkers van P. de Gruyter en Zoon N.V.,

Uw onderneming vormt door haar dynamisch karakter en haar openheid voor nieuwe ideeën een ideaal milieu voor technologen. Ik prijs mij dan ook gelukkig dat ik ruim 10 jaar geleden de beslissing nam om bij U mijn eerste technologische stappen te zetten.

In deze periode heb ik vooral van U, geachte Heer Lod. de Gruyter, geleerd dat niet alleen fraaie produktieprocessen de welvaart van een onderneming bepalen. Voor de prettige en voor mij altijd leerzame contacten zeg ik U van harte dank.

Ook U, geachte Heer Hegge, ben ik erkentelijk voor de vele vrucht-

bare gedachtenwisselingen die ik met U mocht hebben. Uw vasthoudendheid, originele wijze van denken en enthousiasme hebben mij steeds tot voorbeeld gestrekt.

Voorts dank ik U, alle medewerkers van hoog tot laag, en in het bijzonder U leden van de Research-afdeling, voor de prettige jaren die ik temidden van U heb doorgebracht. De vele vriendschapsbanden met U gesmeed, zullen, naar ik hoop, nog vele jaren standhouden.

Dames en Heren Studenten van de Afdeling der Scheikundige Technologie,

Op U rust straks de verantwoordelijkheid een bijdrage te leveren tot de verdere ontwikkeling van de technologie. Daartoe wordt U op deze Technische Hogeschool de kans geboden een gedegen kennis van het vakgebied te verwerven. Met die vakkennis en een frisse dosis verbeeldingskracht zult U in staat zijn geheel nieuwe perspectieven van de technologie te onderkennen. Die perspectieven zullen U fascineren en U enthousiast aan de arbeid doen gaan om te realiseren wat U als nieuwe mogelijkheden ziet. Wanneer Uw ontwikkelingsproces in dit stadium is gekomen, bent U uitgegroeid tot wat U hoopte te worden: een echte technoloog.

Ik dank U voor Uw aandacht.