

## Aspecten van het rijk van de koolstof

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

Koningsberger, C. (1958). *Aspecten van het rijk van de koolstof*. Wolters.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1958

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the 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.

ASPECTEN  
VAN HET RIJK VAN DE KOOLSTOF

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN  
HET AMBT VAN GEWOON HOGLERAAR IN DE  
ORGANISCHE SCHEIKUNDE AAN DE  
TECHNISCHE HOGESCHOOL TE EINDHOVEN  
OP DINSDAG 10 JUNI 1958

DOOR

Dr. C. KONINGSBERGER

*Mijne Heren Curatoren,  
Mijne Heren Hoogleraren en adviseurs,  
Leden van de wetenschappelijke staf en overige mede-  
werkers aan deze hogeschool,  
Studenten en voorts  
Gij allen, die door Uw tegenwoordigheid blijk geeft van  
Uw belangstelling.*

Vanmiddag wil ik trachten U in vogelvlucht enkele aspecten te tonen van een zéér uitgestrekt rijk, dat ik „het rijk van de koolstof” zou willen noemen. Het element van die naam kan men beschouwen als de stamvader van de vele en veelsoortige individuen, die dit rijk bevolken en die men in het dagelijks leven met de term „organische verbindingen” betitelt.

Reeds bij de kennismaking met de stamvader vindt men een eerste aanduiding van de rijkdom aan vormen, die bij zijn nageslacht zózeer op de voorgrond treedt. Soms immers doet hij zich voor als een schitterende verschijning met vorstelijke allures, wiens flonkerend uiterlijk hem de gunst bezorgt van zelfs de hoogst geplaatsten onder de stervelingen. Zijn innerlijk blijkt dan keihard te wezen, harder dan van enig ander element, hetgeen hem ook in aanzien doet staan bij de technisch georiënteerde mens. In deze vorm staat hij bekend als diamant. Veel vaker komt men hem echter tegen als een nederige, in donker of zelfs diepzwart gehulde verschijning, wiens inborst dan, in overeenstemming hiermede, veel zachter van aard is en ook aanhankelijker. Wie hem dan aanraakt, draagt duidelijk de sporen van deze ontmoeting. Ook in deze vorm, waarin men hem betitelt met namen als grafiet, amorfe koolstof of roet, bewijst hij de samenleving grote diensten.

Als men de koolstof als stamvader van de organische verbindingen beschouwt, ligt het voor de hand de andere elementen, die hierin voorkomen, als stammoeders te betitelen. Onder deze laatste kan men duidelijk enkele favorieten onderscheiden, t.w.: waterstof, zuurstof, stikstof en, zij het in mindere mate, zwavel en de halogenen. De overige bekende elementen gaan, kwantitatief gesproken, in veel geringere mate verbindingen aan met het hoofd van de familie. Dit betekent echter allerm minst, dat zijn afstammelingen niet vaak op indirecte wijze andere

elementen gebonden kunnen bevatten en daarbij soms van exceptioneel belang kunnen zijn. Zeer evident is dit laatste o.a. het geval bij sommige natuurproducten, zoals b.v. *chlorophyll*, de kleurstof van het bladgroen, waarin magnesium een essentieel bestanddeel vormt, of *haemoglobine*, de kleurstof van de rode bloedlichaampjes, waarin ijzer een rol van grote betekenis vervult. Zonder deze twee verbindingen immers zou het leven van hogere planten en dieren op aarde een onmogelijkheid wezen en zou dus ook deze bijeenkomst zich nooit kunnen afspelen!

De veelsoortigheid der individuen, die tezamen het rijk van de koolstof vormen, wordt in de eerste plaats wel bepaald door het feit, dat de atomen van dit element in onbepaalde mate het vermogen bezitten om zich — in principe telkens vier maal — met hun soortgenoten te verbinden. In de aldus gevormde ketens of netwerken kunnen bovendien veelal ook de atomen van de favoriete partners zuurstof, stikstof en zwavel worden opgenomen. Daardoor ontstaat een, praktisch gesproken, oneindig aantal variatie- en combinatiemogelijkheden, waarvan ik U zo dadelijk enkele staaltjes hoop te noemen.

In de eerste plaats kan men in het rijk van de koolstof dwergen en reuzen onderscheiden. Een frappant voorbeeld hiervan is door collega *J. J. Hermans* nader uitgewerkt in de inaugurele rede, die hij te Groningen in 1947 heeft gehouden. Hij vergelijkt daarin het molecuul van het tabaksmozaïekvirus, waarvan de afmetingen, o.a. door afbeelding in het elektronenmicroscop, goed bekend zijn, met een molecuul water. Vergroot men dit laatste zodanig, dat het de dimensies van een achtjarige jongen heeft, dan krijgt het op dezelfde schaal vergrote virusmolecuul de omvang van een huizenblok van 1 km lang en 50 meter breed!

Voor een organicus ligt het meer voor de hand het kleinste molecuul van de koolstofverbindingen als maatstaf te nemen, i.c. dat van methaan. De massa hiervan is  $\frac{8}{9}$  van die van een watermolecuul. Het jongetje uit bovengenoemde vergelijking zou dan ongeveer 7 in plaats van 8 jaar oud moeten zijn.

In de tweede plaats bestaan ook uitersten, wat de vorm betreft. Het zojuist genoemde methaanmolecuul is, bij benadering, een bolletje met een middellijn van plm. 4 Å. Men kent nu ook talloze zéér grote moleculen, die slechts in één richting zijn uitgegroeid tot lengten, die verschillende honderdduizenden Å kunnen belopen, terwijl de dwarsdoorsnede iets meer bedraagt dan die van het methaanmolecuul. Ook

voor dit geval is door collega *Hermans* een vergelijking opgesteld, waarbij hetzelfde jongetje ten tonele werd gevoerd. Voor dit knaapje zou een wandeling langs het op dezelfde schaal vergrote molecuul neerkomen op het afleggen van de afstand van Groningen naar Maastricht!

Tenslotte enkele opmerkingen over de veelsoortigheid der organische verbindingen als gevolg van de vele rangschikkingmogelijkheden der atomen binnen de moleculen bij overigens volkomen gelijke grootte en samenstelling hiervan. In onze vaktaal spreekt men dan van „isomeren”. Voor verschillende hogere alkanen, d.w.z. verbindingen, die uitsluitend de elementen koolstof en waterstof bevatten in een zeer bepaalde verhouding van de aantallen der beide atoomsoorten, heeft men berekend, hoeveel van deze isomeren moeten optreden. Zoals U dadelijk zult inzien, zal het immers vooralsnog onmogelijk wezen, dit getal experimenteel te verifiëren. Voor het geval men met „tetracontanen” te maken heeft, waarvan de moleculen 40 atomen koolstof en 82 atomen waterstof bevatten, luidt het resultaat van de berekening: ruim 62 biljoen! Dit lijkt al heel wat, doch is nog kinderspel, vergeleken met de aantallen rangschikkingmogelijkheden der bouwstenen, zoals deze zich voordoen bij de moleculen der eiwitstoffen. Daar deze laatste van primordiaal belang zijn vanwege het feit, dat zij bij alle levende wezens worden aangetroffen en vanwege de zeer gewichtige rol, die zij bij alle levensprocessen vervullen, vormen zij zowel voor de chemicus als voor de bioloog een uitermate boeiend object van onderzoek. Deze verbindingen, waarvoor de naam „proteïnen” een veel gepastere aanduiding vormt, zijn in de regel opgebouwd uit een relatief beperkt aantal (ruim 20) verschillende *soorten* „aminozuren”. Daar staat tegenover, dat hun moleculen uit vele honderden, duizenden of zelfs tienduizenden „aminozuurresten” opgebouwd kunnen zijn.

Men heeft nu ook voor een zéér eenvoudig — in feite te simplistisch gekozen — voorbeeld eens berekend hoeveel isomeren van een bepaald type proteïnemolecuul, dat in totaal 50 aminozuurresten bevat, afkomstig van 19 verschillende aminozuren, moeten kunnen optreden. Het antwoord luidt:  $10^{48}$ , een getal, dat zó duizelingwekkend groot is, dat het boven ons begrip gaat. Toch wil ik proberen U enig idee te geven van de betekenis van deze uitkomst. Stel, dat men van al die isomere moleculen, waarvan elk bij benadering als een staafje is te beschouwen met een lengte van 175 Å en een gemiddelde doorsnede van 10 Å, één exemplaar zou willen bezitten en dat men al die deeltjes tezamen in een glazen kolf zou willen bewaren, dan zou die kolf 12.5 maal het volume van de aardbol

moeten hebben om deze „monstercollectie” te kunnen bevatten! En dit geldt dan nog maar voor een uitermate sterk vereenvoudigd geval; zojuist is immers opgemerkt, dat de moleculen van alle tot dusver in de natuur aangetroffen proteïnen uit véél meer dan 50 aminozuurresten bestaan. Dit overwegende, komt men tot de conclusie, dat het aantal potentiële variaties in de structuur der eiwitstoffen in werkelijkheid talrijke machten van 10 groter zal zijn dan het zoëven genoemde getal, dat dus als een onderste limiet moet worden beschouwd.

De organische chemie, die zich bezighoudt met de bestudering van het rijk van de koolstof, heeft haar naam te danken aan de omstandigheid, dat zij, historisch gezien, haar taak is begonnen met het onderzoek van de „georganiseerde”, d.i. levende, materie. Op het ogenblik is echter deze naam nog maar ten dele juist, daar de mens, behept met een onlesbare dorst naar kennis en een onuitputtelijke drang om de natuur aan zich dienstbaar te maken, er in de laatste 150 jaar in is geslaagd om aan de reeds bestaande nakomelingschap van stamvader koolstof vele nieuwe soorten toe te voegen door het uitvoeren van „kruisingsproeven” in kolven en retorten. Daardoor is het rijk van de koolstof nog veel méér gaan omvatten, dan wat er al van nature in thuis hoort. Menselijkerwijs gesproken, is het daarom als oneindig groot en geschakeerd te beschouwen. Dit is het eerste en meest principiële aspect, dat ik onder Uw aandacht wil brengen.

Het tweede punt, dat ik aan de orde wil stellen, betreft de „status-quo”, m.a.w. de huidige stand van onze kennis omtrent dit rijk. Vanuit de mens beschouwd, kunnen wij met gepaste trots de bereikte resultaten overzien en constateren, dat de omvang van onze kennis steeds toeneemt. Immers, het aantal bekende organische verbindingen, tot nu toe in de wereldliteratuur beschreven, wordt op omstreeks één miljoen geschat, terwijl de jaarlijkse groei van dit aantal op 25.000 wordt getaxeerd. Dit laatste betekent, dat gemiddeld circa iedere 20 minuten een nieuwe organische verbinding wordt geregistreerd, zodat aan het einde van deze bijeenkomst de sectie organische chemie zich in feite direct aan het werk zou moeten spoeden om kennis te nemen van de beschrijving van drie nieuwe stoffen, wil zij de groei van ons vakgebied gestadig bijhouden! Natuurlijk is het een illusie te veronderstellen, dat één menselijk brein deze toename in feitenkennis geregeld in zich kan opnemen. Nog irreëler zou het zijn te eisen, dat een student, hoe ambitieus en begaafd ook, alle formules, eigenschappen en reacties van de bekende

organische verbindingen uit het hoofd leert. Stel immers, dat deze jongeman of jongedame, beschikkend over een encyclopedisch geheugen, dit doel zou nastreven en daarbij gemiddeld elke minuut de gegevens van één verbinding zou kunnen memoriseren, dan zou bij een normale werkweek van 45 uur en vier weken jaarlijkse vakantie hij of zij omstreeks 8 jaar nodig hebben om het feitenmateriaal van dit oogenblik te beheersen. Dat is dus ruim  $1\frac{1}{2}$  maal de nominale studieduur aan deze Technische Hogeschool. Inmiddels zou echter de omvang van het feitenmateriaal weer met 20% zijn toegenomen, zodat dit gigantisch streven met méér recht als onderwerp van het beroemde raadseltje kan dienen dan de klassieke race tussen Achilles en de schildpad. Aldus hoop ik U het tweede aspect duidelijk te hebben gemaakt.

De meesten Uwer zullen zich, na kennisneming van het voorgaande, terecht met zorg afvragen of een systematische bestudering van het rijk van de koolstof nog wel uitvoerbaar is. Gelukkig kan ik hierop direct een geruststellend antwoord geven en kom daarmee aan het derde punt van mijn betoog. De onderzoekers op dit terrein van wetenschap verkeren in de bijzonder bevoorrechte positie te kunnen beschikken over een classificatiesysteem van de koolstofverbindingen, dat uniek in zijn soort is. Uniek ook in die zin, dat het reeds is ontstaan in een tijd, waarin men nog niet het minste besef had van de bouw der atomen en er nog maar zeer vage noties op na hield wat betreft de krachten, die de atomen samenbinden tot moleculen. En dan bedenke men, dat bedoeld classificatieschema juist is gebaseerd op bepaalde veronderstellingen omtrent de structuur van laatstgenoemde deeltjes!

Het is dit jaar precies een eeuw geleden, dat *Kekulé* de grondslagen van de structuurtheorie der organische moleculen schiep. Een gelukkig toeval wilde, dat, eveneens in 1858, *Cannizzaro* aan de wetenschappelijke wereld van die dagen duidelijk maakte, dat een consequente toepassing van de door zijn landgenoot *Avogadro* in 1811 ontdekte wetmatigheid bij stoffen in de gastoestand orde zou scheppen in de toenmaals heersende chaos op het gebied van relatieve atoom- en moleculegewichten. Beide gebeurtenissen tezamen luiden de geboorte in van het eerder genoemde classificatiesysteem, dat thans, honderd jaar later, nog in wezen hetzelfde is gebleven. Natuurlijk hebben vele vooraanstaande onderzoekers sinds dat prille begin talrijke waardevolle bijdragen geleverd, waardoor ons inzicht verbreed en verdiept is. Ik noem slechts de namen van *Van 't Hoff* en *Le Bel*, die, onafhankelijk van elkaar, in 1874 het postulaat stelden van de tetraëdrische structuur der koolstofatomen, en van

*Lewis*, die in 1916 de eerste logische hypothese formuleerde omtrent het wezen van de binding tussen de atomen in organische moleculen. Nog vele andere coryfeeën der wetenschap zou ik in dit verband kunnen opsommen, doch wil volstaan met op te merken, dat het in 1858 opgestelde classificatieschema zijn principiële bruikbaarheid heeft bewezen gedurende de gehele, stormachtige, ontwikkeling, die de natuurwetenschappen in de afgelopen eeuw hebben doorgemaakt. De studenten in de afdeling der scheikundige technologie behoeven dus niet bezorgd te zijn, dat zij, wanneer over enkele maanden dé colleges en practica in de organische chemie zullen beginnen, voor een hopeloze taak worden gesteld.

Na deze geruststellende mededeling is het zeker de moeite waard nog enkele andere aspecten uit het rijk van de koolstof in het licht te stellen. Het laatste gedeelte van het voorgaande betoog zou de indruk kunnen wekken, dat de wetenschappelijke arbeid van de organicus beperkt zou zijn tot het opsporen en isoleren of synthetisch bereiden van steeds meer nieuwe stoffen, het bepalen van hun samenstelling, moleculegewicht, eigenschappen en reactievermogen en, uiteindelijk, het vaststellen van hun structuur, d.w.z. van de wijze, waarop de samenstellende atomen binnen de moleculen zijn gerangschikt, waardoor aan de verbinding in kwestie de haar toekomstige plaats in het classificatieschema kan worden aangewezen. Inderdaad is dit een belangrijk facet van zijn werk en een goede organicus zal dit steeds beseffen. Er is een tijd geweest — en wel in de tweede helft van de vorige en het begin van deze eeuw, die men met een zeker recht de „Sturm- und Drang“-periode van de organische chemie kan noemen —, waarin de neiging prevaleerde om genoemde bezigheden als de enige, de typische, taak van de organicus te beschouwen. Zeer begrijpelijk overigens: immers vanaf het moment, dat men in de door *Kekulé* opgestelde structuurtheorie de draad van Ariadne bleek te hebben gevonden, waarmede systematisch het vroeger op een labyrint gelijkende rijk van de koolstof kon worden geëxploreerd, is het voor ieder onderzoeker zeer aantrekkelijk geweest om aan deze ontdekkingsreizen deel te nemen. Welke richting men, vooral aanvankelijk, ook insloeg, men kon bijna steeds bij voorbaat van succes verzekerd zijn. Ook heden ten dage behoudt dit aspect van ons wetenschappelijk werk zijn grote bekoring, getuige de nog steeds aanhoudende stroom van publicaties over de ontdekking van nieuwe stoffen. Men zal trouwens moeilijk aan dit soort arbeid waarde kunnen ontzeggen, daar de exploratie nu eenmaal vooraf moet gaan aan een eventuele exploitatie. En hoeveel, voor onze samenleving uiterst waardevolle,



vondsten zijn niet reeds gedurende de eerste systematische verkenningsperiode aan het licht gekomen! Ik behoef slechts op de successen te wijzen, die reeds vóór 1900 zijn geboekt op het gebied van synthetische kleurstoffen, medische en farmaceutische preparaten, enz.

Het zelf bereiden van stoffen, het zelf onderzoeken en bepalen van hun samenstelling, eigenschappen en structuur zijn trouwens nog steeds voor iedere beginnening in het vak de beste wegen om de organische chemie experimenteel te leren beoefenen. Mijn conclusie is, dat de, nu „klassiek” genoemde, denk- en werkwijzen van ons vak nog steeds terecht in hoog aanzien staan. Dit neemt niet weg, dat heden ten dage ook andere facetten van deze tak van wetenschap nadere aandacht en bestudering verdienen; ik hoop U in het volgende daarvan iets te vertellen.

Men kan, in grote lijnen, stellen, dat circa een halve eeuw geleden de thans met klassiek aangeduide periode van de organische chemie in zekere zin werd afgesloten. De situatie van omstreeks 1910 kan ongeveer als volgt worden omschreven: van veel der meest voorkomende natuurproducten, zoals vetten, koolhydraten, eiwitten, etherische oliën, alkaloiden, enz., waren eigenschappen en structuur in hoofdzaken bekend. Ettelijke tienduizenden, niet in de natuur aangetroffen, verbindingen waren synthetisch in het laboratorium bereid en vele hiervan werden op industriële schaal geproduceerd. Naar het scheen, zou de verdere ontwikkeling zich langs lijnen van geleidelijkheid verder blijven voltrekken. Om U duidelijk te maken, welke nieuwe tendensen zich sindsdien zijn gaan openbaren, wil ik Uw aandacht richten op het stadium van ontwikkeling, waarin verwante takken van natuurwetenschappen omstreeks de eeuwwisseling waren aangeland en hoe deze sindsdien geleidelijk invloed zijn gaan uitoefenen op de verdere groei van de organische chemie. In de eerste plaats mogen enkele belangrijke resultaten worden gememoreerd, die vlak vóór 1900 op het terrein van fysiologie en fysiologische chemie aan het licht waren gekomen. Om te beginnen was het tegen die tijd geheel duidelijk geworden, dat men ook bij het experimenteel onderzoek van levensprocessen in principe alle wetten van fysica en chemie als basis kan gebruiken. Vervolgens waren door het levenswerk van *Pasteur*, dat met zijn dood in 1895 was afgesloten, de grondslagen gelegd voor de leer der vergelijkende stofwisseling. Tevens betekende de door *Buchner* in 1897 genomen proef over de „celvrije” gisting een keerpunt in het onderzoek over het wezen en de rol van enzymen of fermenten, die wij nu kennen als organische verbindingen, welke als regulatoren van metabolische processen optreden.

Omstreeks diezelfde periode begon door minutieus onderzoek van andere fysiologen aan het licht te komen, dat er nog meer stoffen van organisch chemische oorsprong zijn, die de levensfuncties stimuleren en regelen. Sommige daarvan bleken, zij het in meestal uiterst kleine hoeveelheden, tot de essentiële componenten van de voeding te moeten worden gerekend naast de reeds lang bekende bestanddelen als vetten, koolhydraten, eiwitten, bepaalde zouten en water. Andere weer waren gekenmerkt door het feit, dat zij door zekere organen — en wel endocriene klieren — in sporen worden afgescheiden en via de bloedbaan terecht komen bij bepaalde andere weefsels en deze tot functioneren prikkelen. Het zal U reeds duidelijk geworden zijn, dat hier sprake is van de belangrijke functies, die „vitaminen” resp. „hormonen” bij de stofwisseling vervullen. Deze begrippen zijn heden ten dage gemeengoed geworden, daar iedere lezer van advertentiepagina's uit dagbladen e.a. tijdschriften wordt gewezen op het belang van deze stoffen, die dus zelfs stimulerend hebben gewerkt op het ontstaan van nieuwe methoden om de kwaliteit van voedings- en geneesmiddelen, farmaceutische en cosmetische preparaten aan te prijzen! Hoe het zij, een feit is, dat deze reeks ontdekkingen op biologisch-medisch terrein, die zich ruim 50 jaar geleden begon te manifesteren, nieuwe perspectieven opende voor de beoefenaars van de organische chemie. Toen dan ook kort daarna, in de jaren 1912—1916, door *Pregl* de micro-elementair-analyse tot ontwikkeling werd gebracht en tevens nieuwe, selectieve scheidingsmethoden, o.a. berustend op de door *Tswett* in 1906 gevonden chromatografische adsorptie, in gebruik waren gekomen, beschikte men in principe over de fysische en chemische hulpmiddelen om moeilijke opgaven, zoals het isoleren en onderzoeken van vaak zeer kleine hoeveelheden stof, afkomstig uit soms vele honderden kilogrammen plantaardig of dierlijk uitgangsmateriaal, tot een goed einde te brengen. Echter — en ik moet speciaal hierop de nadruk laten vallen — het slagen van een dergelijke taak hangt in de meeste gevallen mede geheel af van het vinden en toepassen van een geschikte biologische ijkmethode, teneinde bij de opeenvolgende stadia van het vaak zeer moeizame zuiveringsproces een goede gang van zaken te waarborgen. Het is dan ook niet te verwonderen, dat in de laatste tientallen van jaren een intense wisselwerking tot stand is gekomen tussen de biologisch-medische wetenschappen enerzijds en de organische chemie anderzijds. Dit samenspel, dat al lang niet meer beperkt is tot het onderzoek van enzymen, vitaminen en hormonen, doch dat zich uitstrekt over alle voor het leven belangrijke verbindingen en hun omzettingen in het organisme, heeft

het ontstaan van een nieuwe tak van wetenschap, de biochemie, ten gevolge gehad. Men zou dit laatste kunnen beschouwen als het ontstaan van een specialisme en als zodanig wellicht betreuren. Persoonlijk preferer ik de biochemie, met haar eigen aard, op te vatten als de resultante van tweeërlei, lofwaardig, streven: het verlangen om kennis en inzicht op het gebied der chemie dienstbaar te maken aan de ontsluiting der raadselen van de levende natuur en de wens om bij het onderzoek van de levensverschijnselen uit te gaan van de hechte basis der exacte wetenschappen. Het lijkt mij niet opportuun om een opsomming te geven van de vele voor onze samenleving belangrijke resultaten van bovengenoemde wisselwerking, waarvan trouwens verschillende door hun actualiteit voldoende algemene bekendheid genieten en ik wil volstaan met op te merken, dat het thans sterk vergrote aanrakingsvlak tussen de biologie en de organische chemie tot de boeiendste facetten van laatstgenoemde wetenschap is gaan behoren!

Richten wij thans onze aandacht op de groei, die een andere zusterwetenschap — met name de fysica — gedurende de laatste halve eeuw heeft doorgemaakt, dan constateren wij, dat ook deze de ontwikkeling van de organische chemie niet onberoerd heeft gelaten. Opgemerkt dient te worden, dat in dit geval van wisselwerking nauwelijks sprake is, daar onze wetenschap vrijwel uitsluitend als ontvangende partij in het spel is geweest, waarbij zij heeft geprofiteerd zowel van de verdieping der theoretische inzichten als van de uitbreiding der experimentele onderzoekingsmethoden van de natuurkunde.

Om te beginnen zij gememoreerd, dat de van *Bohr* afkomstige hypothese uit het jaar 1913 omtrent de bouw der atomen niet alleen voor de fysica een mijlpaal betekende. Al spoedig baseerde men hierop de eerste logische formuleringen omtrent het wezen van de chemische binding. Reeds in 1916 poneerde *Kossel* een zienswijze hierover, die de grondslag werd van wat men later het „heteropolaire” bindingstype zou noemen en dat van overwegende betekenis is geworden voor het inzicht betreffende bouw en eigenschappen van de meeste anorganische stoffen, die uit ionen zijn samengesteld. Geheel onafhankelijk bracht, eveneens in 1916, *Lewis* een hypothese naar voren, die de basis zou worden van de theorie der „homopolaire” binding, welke op haar beurt van fundamentele betekenis werd voor de moderne begrippen aangaande eigenschappen en reactiviteit van de organische verbindingen, die voor het overgrote deel uit moleculen bestaan. En hierbij kwam het zeer verheugende feit aan het licht, dat de klassieke structuurtheorie,

die inmiddels haar gouden jubileum al achter de rug had, in wezen onaangetast kon blijven en slechts een diepere, wezenlijke achtergrond rijk was geworden. Het zal U duidelijk zijn, dat deze ontwikkeling gaandeweg er toe leidde, dat vele onderzoekers uit ons vakgebied zich, in sterkere mate dan vroeger het geval was, bezig gingen houden met de meer fundamentele problemen van de organische chemie, waarbij aan vragen naar de achtergrond der feiten een grotere prioriteit werd toegekend dan aan het vinden van nieuwe. Daar komt nog bij, dat, zoals daarnet reeds werd aangestipt, ook steeds meer verbeterde of geheel nieuwe fysische onderzoekingsmethoden ter beschikking zijn gekomen. Is het een wonder te noemen, dat zich ook hier een nieuw facet van ons vak is gaan aftekenen? Reeds sinds vrij geruime tijd zijn boeken verschenen, die in hun titel doen blijken, dat zij handelen over de „theoretische” of „fysische” organische chemie, terwijl in de laatste 10 jaren ook bij het hoger onderwijs hier te lande steeds meer met deze ontwikkeling rekening wordt gehouden door de benoeming van docenten met speciale leeropdrachten. Opnieuw kan men zich afvragen, of dit niet naar overmatig specialisme begint te rieken. Ik moge daarop antwoorden, dat een organicus zich niet de luxe kan permitteren die fundamentele van zijn wetenschap te veronachtzamen, die, meer nog dan alle andere tezamen, hem in staat stellen de ontzaglijke hoeveelheid feitenmateriaal beter te overzien en te rangschikken en die hem bovendien kunnen helpen bij het doen van voorspellingen omtrent het verloop van nieuwe reacties of het gedrag van nog onbekende stoffen.

Er rest mij nu nog te spreken over een derde facet, waarmee de organicus tegenwoordig op zijn vakgebied dagelijks wordt geconfronteerd. Ik doel hierbij op het zeer uitgestrekte en interessante terrein van de „macromoleculaire” verbindingen, ook wel „hoogpolymeren” genoemd; een gebied, dat zich ook in een intensieve belangstelling verheugt van fysici, fysico-chemici, biologen en, niet te vergeten, technici. Geen wonder, als men bedenkt, dat sommige van deze producten als essentiële bestanddelen van hout, papier, linnen, leer, wol, natuurzijde, enz., al sinds mensheugenis de samenleving onschatbare diensten bewijzen, terwijl vele andere als grondstoffen van talloze, heden ten dage gebruikte, materialen en voorwerpen uit de moderne maatschappij niet meer zijn weg te denken.

De prille ontwikkeling van het wetenschappelijk onderzoek dezer stoffen is hoofdzakelijk het werk geweest van organici en biologen, daar de oudst bekende vertegenwoordigers uit deze grensprovincie

van het rijk der koolstof voortbrengselen van de levende natuur zijn, zoals hogere koolhydraten, proteïnen en poly-isoprenen. In de klassieke periode van de organische chemie had men reeds vrij veel kennis vergaard omtrent de algemene chemische samenstelling van deze verbindingen, al werd nog nauwelijks beseft, dat hun meest opvallende uiterlijke eigenschappen, als b.v. plastisch-elastisch gedrag, dan wel film- of vezelvormend vermogen, ten nauwste samenhangen met de omstandigheid, dat zij uit zéér grote moleculen zijn opgebouwd. Ondanks dit nog gebrekkige fundamentele inzicht was men er toch reeds in geslaagd derivaten te bereiden, die op technische schaal werden toegepast; men denke in dit verband aan sommige cellulose-esters (o.a. „nitrocellulose”) en aan ge vulcaniseerde rubber. Zelfs had men, meest door toeval, hier en daar kunstmatige hoogpolymeren in handen gekregen, zonder dat deze vondsten tot principieel nieuwe gezichtspunten leidden.

Vanaf omstreeks 1910 nam het aantal pogingen toe om door doelbewuste synthese materialen in handen te krijgen, die sommige natuurproducten zouden kunnen vervangen of die door het bezit van bijzondere eigenschappen aan speciale eisen zouden kunnen voldoen. De uitvinding van het „bakeliet”, die in 1909 door *Baekeland* wereldkundig werd gemaakt als resultaat van zijn streven om een substituut voor schellak te vinden, kan men als het begin van het tijdperk der „kunststoffen” aanduiden. Aanvankelijk leidde dit alles echter nog niet tot de algemene aanvaarding van het inzicht, dat men hier met macromoleculaire producten te maken had. Een ongelukkige samenloop van omstandigheden wilde bovendien, dat resultaten van fysisch en kolloïdchemisch onderzoek in de jaren 1920—1930 er op schenen te duiden, dat dit inzicht foutief was.

Kortom, pas sinds ongeveer een kwart eeuw is het begrip „macromoleculen” gemeengoed geworden bij alle beoefenaars van de fundamentele en toegepaste natuurwetenschappen. En men kan dan ook vaststellen, dat vanaf die tijd de min of meer los van elkaar tot ontwikkeling gekomen facetjes binnen de afzonderlijke wetenschapsgebieden — om een adequate en bij ons vak passende term te gebruiken — met explosieve heftigheid de grenzen hiervan hebben doorbroken en zijn uitgegroeid tot een duidelijk omljnd gemeenschappelijk raakvlak van fysica, chemie, biologie en techniek. Zoals ik al opmerkte, is dit laatste thans het toneel van een ongekende bedrijvigheid, die niet alleen de vooruitgang dezer wetenschappen stimuleert, doch ook van het grootste belang is voor de moderne samenleving.

*Waarde toehoorders*, ik heb U allereerst medegevoerd op een ruimtevaart boven het rijk van de koolstof om U op te doen merken, dat de grenzen hiervan nog lang niet binnen ons gezichtsveld zijn gekomen. Tevens hebt U een indruk kunnen krijgen van de reeds aanzienlijke omvang van het in kaart gebrachte gebied met zijn vele en veelsoortige bewoners en hoe aan de verdere exploratie naarstig wordt gewerkt. Tenslotte hoop ik U duidelijk te hebben gemaakt, hoe onze tak van wetenschap, die zich met het onderzoek van dit rijk bezig houdt, is te vergelijken met een solied gebouwde laboratorium, waarvan de fundamenteen weliswaar een eeuw oud zijn, doch dank zij de vooruitziende blik van de architect \*) nog tot in lengte van jaren dienst zullen kunnen doen. Aan de bovenbouw zijn echter in de loop der tijden verschillende veranderingen en vooral uitbreidingen tot stand gekomen; in het bijzonder heb ik U gewezen op de moderne, zeer brede luchtbruggen, die in de laatste halve eeuw zijn gebouwd en die dit laboratorium verbinden met de werkplaatsen der aanverwante wetenschappen. Als ik dit laatste beeld, geïnspireerd op de plannen voor de definitieve huisvesting van deze Technische Hogeschool, gebruik, dienen nog een paar slotopmerkingen te worden gemaakt aangaande de vele nauwe relaties met de technologische hallen als symbolen van de industriële toepassingen van ons vak, die reeds hier en daar in het voorgaande zijn aangestipt, maar nog niet in één verband afzonderlijk werden gezien. De betrekkingen tussen de organische chemie en de industrie zijn talrijk, zeer geschakeerd en ten dele reeds van oude datum. Reeds vóór 1900 werden, behalve uit directe voortbrengselen van de levende natuur, al vele verbindingen op technische schaal bereid uit steenkoolteer en -gas, bijproducten van de cokesfabricage. Laatstgenoemd materiaal dient trouwens evenzeer als grondstof, daar het, via carbid, in acetyleen kan worden omgezet, dat op zijn beurt het uitgangspunt vormt voor de industriële productie van talloze andere verbindingen. In de loop van deze eeuw ontwikkelde zich daarnaast de organisch chemische industrie op basis van aardolie, vooral vanaf de tijd, dat door de toepassing van „kraakprocessen” zeer veel nieuwe goedkope grondstoffen ter beschikking kwamen.

De groei van het aantal toepassingen is bovendien gestimuleerd door de verdieping van allerlei theoretische inzichten, met name op het gebied van reactiemechanismen en katalyse, terwijl de meest recente

---

\*) *Kekulé* heeft eerst voor architect gestudeerd, alvorens zich aan de chemie te wijden!

ontwikkelingen met betrekking tot meet-, regel- en automatiseringstechnieken nog talloze beloften voor de toekomst inhouden. Overweegt men verder, dat de behoefte der menselijke samenleving aan steeds betere en meer gespecificeerde grondstoffen en materialen voor allerlei doeleinden voortdurend toeneemt, dan mag dus worden geconcludeerd, dat ook voor scheikundig ingenieurs met belangstelling voor de organische chemie en haar toepassingen een arbeidsterrein open ligt, waarvan de grenzen, ook bij naspeuring vanuit een ruimteschip, nog niet binnen ons gezichtsveld zijn gekomen!

Aan het einde van mijn toespraak gekomen wil ik allereerst *Hare Majesteit de Koningin* mijn eerbiedige dank betuigen voor het feit, dat Zij mij heeft willen benoemen tot hoogleraar aan deze hogeschool.

*Mijne Heren Curatoren,*

Het vertrouwen, dat U in mij hebt gesteld door mij voor deze benoeming voor te dragen, stemt mij tot grote erkentelijkheid jegens U. Naar beste weten zal ik er naar blijven streven dit vertrouwen waardig te zijn door te pogen onderwijs en wetenschappelijk onderzoek in het aan mijn zorgen toevertrouwde leervak tot een harmonisch geheel samen te voegen.

*Mijne Heren leden van de Senaat en adviseurs,*

Bij een in opbouw zijnde instelling van hoger onderwijs is onnoemelijk veel samenwerking nodig, ook buiten de gemeenschappelijke zorg voor onderwijs en onderzoek. Het verheugt mij daarom bijzonder, dat de gevoelens van saamhorigheid in onze nog zo kleine kring tot uiting komen op alle punten, waar onderling overleg wordt vereist. Ondanks onze uiteenlopende leeftijden en sferen van belangstelling vormen wij een hecht team, waarin enthousiasme voor de gezamenlijke pionierstaak de boventoon voert.

*Waarde Dorgelo*, dat ik tot U als *primus inter pares* hier een afzonderlijk woord mag zeggen, verheugt me bijzonder. Het is nagenoeg 37 jaar geleden, dat ik als jong gymnasiast vanaf Uw studentenkamer op de Nieuwe Gracht te Utrecht het voorbijtrekken van de maskeradestoet ter gelegenheid van het 57e lustrum van Uw, later ook mijn, *Alma Mater* mocht gadeslaan. Hoe weinig konden wij toen vermoeden, dat wij nog eens gezamenlijk aan de opbouw van de jongste instelling van hoger onderwijs onze krachten zouden wijden! De grote werkkraft,

ervaring en wijsheid, door U als eerste Rector Magnificus hiervan be-  
toond, wekken mijn bewondering; ik hoop nog veel van Uw leiding te  
mogen profiteren.

*Mijnheer de Secretaris van deze Technische Hogeschool,*

Men kan, zonder te overdrijven, zeggen, dat U een gigantische taak  
vervult. Des te bewonderenswaardiger is het, dat U steeds bereid bent  
het oor te lenen aan allen, die Uw adviezen benodigen, zowel voor zaken  
van algemeen belang, als van persoonlijke aard. Ik ben U daarvoor  
grote dank verschuldigd.

*Mijne Heren leden van de afdeling der scheikundige technologie,*

Onze samenwerking is wel uitermate intensief en dat daarbij de goede  
sfeer nooit iets te wensen overlaat, is een bijzonder gelukkige omstan-  
digheid. De harmonie, waarin de opbouw van onze afdeling zich vol-  
trekt, schenkt mij de overtuiging, dat wij op de juiste weg zijn iets  
goeds tot stand te brengen.

De dag, waarop ik via U, *waarde Van Loon, waarde Posthumus*, het  
eerste contact legde met de Technische Hogeschool Eindhoven, beschouw  
ik als een belangrijke mijlpaal in mijn leven.

*Hooggeachte Kögl,*

Reeds meer dan 25 jaar geleden was het Organisch Chemisch Labo-  
ratorium te Utrecht een centrum, waarin onder Uw bezielende leiding  
nieuwe facetten van onze wetenschap, t.w. de biochemische denk- en  
werkwijzen en de toepassing van moderne onderzoekingsmethoden naar  
voren kwamen. Ik acht het een voorrecht, U als leermeester te hebben  
gehad en dank U voor het vele, dat ik van U mocht leren. Uw bewon-  
derenswaardige toewijding aan de taak, die U lief is en waarin U voor  
het hoger onderwijs en de wetenschapsbeoefening in Nederland zoveel  
betekent, zal mij steeds als een lichtend voorbeeld voor ogen staan!

*Waarde Havinga,*

Onze kennismaking dateert al van de tijd, dat wij tezamen studeer-  
den en student waren. Zij culmineerde in een hechte vriendschap ge-  
durende de elf jaren, dat wij gemeenschappelijk, doch ieder op eigen ter-  
rein, pal hebben gestaan voor de belangen van het Organisch Chemisch  
Laboratorium te Leiden en waarin wij onze beste krachten gaven voor  
het hoger onderwijs aldaar. Daarbij heb ik altijd buitengewoon in



U gewaardeerd, dat U, als hoogleraar-directeur, mij steeds als gelijk-gerechtigde hebt behandeld en mij altijd zoveel mogelijk vrijheid van beweging hebt gelaten bij de uitoefening van mijn deel van de gemeenschappelijke taak. Ook van U mocht ik veel leren en ik prijs mij gelukkig, dat twee van Uw oud-leerlingen deel uitmaken van mijn wetenschappelijke staf alhier. Het spijt mij bijzonder, dat U in verband met werkzaamheden op internationaal niveau hier vandaag niet aanwezig kunt zijn, doch verheug mij zeer, dat U Uw echtgenote als een in alle opzichten competente ambassadrice hebt willen afvaardigen.

Gaarne wil ik vanaf deze plaats ook U, *waarde van Arkel, waarde Böttcher, waarde Hermans, waarde Oosterhoff, waarde Stevens, waarde Veldstra*, dank zeggen voor de ondervonden vriendschap en collegialiteit in de jaren, gedurende welke wij samenwerkten als docenten van de vakgroep chemie aan de Rijksuniversiteit te Leiden.

Grote erkentelijkheid ben ik voorts verschuldigd aan de wetenschappelijke staf van het Leidse laboratorium voor alle ondervonden medewerking. De grote bereidwilligheid, waarmede U, *waarde Roorda, waarde Kerling* al geruime tijd geleden een deel van het dagelijks beheer van mij hebt overgenomen, wil ik hierbij graag in het licht stellen.

*Mijne Heren medewerkers van de sectie organische chemie,*

De duur van onze samenwerking aan deze technische hogeschool kan hoogstens in maanden en weken worden uitgedrukt. Wat door U in deze korte tijd reeds is gepresteerd, schenkt mij de overtuiging, dat wij al veel hebben bereikt. Met vol vertrouwen zie ik de tijd tegemoet, waarop het onderwijs in de organische chemie daadwerkelijk een aanvang zal nemen. Het enthousiasme, waarmee U ook met eigen wetenschappelijk onderzoek bent begonnen, scheidt goede verwachtingen voor de toekomst.

Dat ik tot U, *waarde van Senden*, een apart woord richt, is begrijpelijk, als men bedenkt, dat reeds vóór ons beider benoeming alhier veel voorbereidend werk door ons samen werd verricht. Reeds in deze „prenatale” periode van onze sectie was ik in de gelegenheid te profiteren van Uw voortvarendheid, gezond verstand en opgeruimd humeur. De zeer vele hulp en medewerking, die ik steeds van U mocht ondervinden, stemmen mij tot grote dankbaarheid.

*Studenten van de afdeling der scheikundige technologie,*

Wij kennen elkaar nog nauwelijks, maar ik weet, dat onder U een verheugende mate van enthousiasme voor Uw niet gemakkelijke studie

leeft. Deze laatste is in de eerste jaren hoofdzakelijk gericht op het verkrijgen van kennis en inzicht op het gebied van de basiswetenschappen, waartoe ook de organische chemie behoort. U hebt zojuist kunnen beluisteren, tot welk een omvang deze is uitgegroeid en ik kan mij voorstellen, dat dit niet bevorderlijk is geweest voor Uw geëstdrift. Weest echter overtuigd, dat mijn medewerkers en ik, bekend met de grondbeginselen der biochemie, alles in het werk stellen om te zorgen, dat de dosis, die U toegediend zult krijgen van ons vak als vóórgerecht, niet te zwaar verteerbaar zal zijn, doch integendeel zal bijdragen U de smaak beet te doen krijgen, zodat U naderhand de hoofdschotel van Uw studie, de technologie, als fijnproevers kunt genieten!

Ik dank U voor Uw aandacht.