

## “Chemie, een kennisdomein op mensenmaat.”

Prof. dr. Dirk Vanderzande.

### Introductie

Deze lezing vindt zijn oorsprong in een vraag, die enkele jaren geleden door een externe vereniging gesteld werd, om voor een algemeen publiek toe te lichten waarover chemie gaat en wat de verwezenlijkingen dan zijn van de Chemie als wetenschap anno begin van de 21<sup>ste</sup> eeuw.

Op dit vlak lijkt het domein van de chemie soms minder toegankelijk door het gebruik van abstracte begrippen en concepten om het wezen van chemie bespreekbaar te maken. Anderzijds als men leuke weetjes of fenomenen wil demonstreren stellen zich of worden problemen opgeworpen rond mogelijke blootstelling aan chemische stoffen bij dergelijke demonstraties. Hier heeft het wetenschapsdomein van de fysica toch enig voordeel aangezien het demonstreren van fysische verschijnselen vaak minder veiligheidsrisico's inhouden en op een directere manier kan terugvallen op de eigen waarneming als uitgangspunt. Dit verklaart misschien enigszins de nadruk bij activiteiten die wetenschap willen populariseren op eerder een bespreking van fysische verschijnselen.

In deze lezing gaan we toch proberen dit ook voor de chemie te doen. Enerzijds omdat ook chemie een boeiend en uitdagend wetenschapsdomein is, maar ook omdat chemie alomtegenwoordig is in de kleine dingen van het alledaagse leven. Chemie is ook een wetenschap die toelaat altijd nieuwe dingen te ontwerpen en te maken. Met chemie als kader zijn er eindeloos veel mogelijkheden en in die zin heeft de mensheid vanaf het prille begin van zijn geschiedenis gebruik gemaakt van chemie om steeds beter gewapend te zijn tegen de gevaren en bedreigingen van de omringende wereld.

Chemie is niet alleen een wetenschap of een kennisdomein maar ook een doe-activiteit die een grote invloed heeft op onze welvaart en ons welzijn in het verleden, nu en in de toekomst. Een duurzame samenleving en maatschappij voor de mensheid zal gerealiseerd kunnen worden door gebruik te maken van onze kennis en inzicht in chemische processen. Vanuit de chemie zullen de oplossingen aangereikt moeten worden voor de uitdagingen van toekomstige generaties. Door zijn impact op ons leven en op de geschiedenis van de mensheid is chemie werkelijk een kennisdomein op mensenmaat.

In deze lezing gaan we proberen daar een gevoel voor te geven, beginnend met de vroege geschiedenis van de chemie, de explosieve groei van chemische kennis en kunde dat start op het einde van de 18<sup>de</sup> eeuw en nog altijd voortschrijdt. We eindigen dan met de grote problematiek van duurzaamheid en waar chemie daar een impact kan op hebben.

### Een historisch overzicht

Een essentieel inzicht voor het verhaal van vandaag is dat de mens al in zijn vroegste geschiedenis (Homo Erectus) gebruik maakte van chemie en dit op een zeer eenvoudig manier door gebruik te maken van vuur. Het gebruik van vuur en de waarneming dat dit vorm, aard en eigenschappen van materialen kan veranderen ligt dan aan de basis van heel wat

uitvindingen die gebaseerd zijn op chemische processen. Dit is in belangrijke mate een verdienste van de moderne mens, Homo Sapiens en dan vooral in de laatste 15 000 jaar. Dit heeft geleid tot een breed arsenaal aan materialen en technieken om deze materialen te verfijnen en te produceren. Dit leidt dan samen met de ontwikkeling van landbouw en veeteelt tot het ontstaan van de eerste steden en beschavingen.

De tweede etappe in het verhaal is de ontwikkeling van filosofieën over hoe de fysieke wereld die we waarnemen opgebouwd is. Welke bouwstenen aan de basis liggen van alles wat we zien en gebruiken. Wij kennen dit verhaal vanuit de geschiedenis van de Oud-Griekse beschaving en de Griekse filosofen. De hoofdrolspelers zijn dan Democritus aan de éne kant en Aristoteles aan de andere kant. De laatste zal enerzijds het denken over materie domineren en feitelijk een blijvende invloed hebben op het denken van mensen over de samenstelling van de wereld tot op de dag van vandaag. Anderzijds is de hypothese van Aristoteles over de opbouw van materie niet uniek, maar wereldwijd in allerlei beschavingen hebben zich analoge theorieën en aannames ontwikkeld.

In de wetenschappelijke wereld zijn de filosofieën van Aristoteles definitief verlaten en ingeruild voor het Atomisme van John Dalton sinds het begin van de 19<sup>de</sup> eeuw. De 19<sup>de</sup> eeuw is dan ook de eeuw die de geboorte van de moderne chemie inluidt. Dit gaat gepaard met de ontdekking van de verschillende individuele elementen en het categoriseren van deze elementen in de zogenaamde tabel van Mendeljev. Een belangrijke evolutie komt dan begin 20<sup>ste</sup> eeuw vanuit de zusterdiscipline van de fysica. De interne structuur van atomen wordt achterhaald en de geboorte van de kwantummechanica levert het theoretisch kader om atomen en bij uitbreiding moleculen te beschrijven. Het concept van een chemische binding wordt geïntroduceerd en verfijnd. Op het einde van de 20<sup>ste</sup> en het begin van de 21<sup>ste</sup> eeuw worden microscopietechnieken ontwikkeld en verfijnd die toelaten individuele moleculen waar te nemen.

## **De verwezenlijkingen van de moderne chemie**

De 19<sup>de</sup> eeuw is zoals aangegeven de geboorte van de moderne chemie en geeft zeker het begin van de triomfen van de organische chemie aan. Hoe is dat eigenlijk tot stand gekomen en welke zijn dan de belangrijkste verwezenlijkingen waarop we kunnen terugkijken? Voor de geboorte van de organische chemie is de aanvang van de industriële revolutie van groot belang geweest. Dit luidde een periode in waar de behoefte aan koolstof voor de productie van staal enorm toenam. Voorheen zocht men zijn toevlucht tot houtskool maar de productie ervan kon de vraag totaal niet bijhouden. Bijgevolg werden alternatieven gezocht en gevonden in de vorm van cokes. De productie van cokes leverde als nevenproduct gas, teerolie en ammoniak op. Stap voor stap werden deze nevenproducten gevaloriseerd als energiebron respectievelijk als grondstof voor allerlei chemische bouwstenen en bron voor productie van kunstmest. Deze ontwikkeling heeft vooral grote impact gehad voor onze welvaart en welzijn in de 20<sup>ste</sup> eeuw, de aanzet werd gegeven in de 19<sup>de</sup> eeuw.

Het eerste voorbeeld zijn synthetische en natuurlijke kleurstoffen. Voor 1850 waren alle kleurstoffen gewonnen uit natuurlijke bronnen door extractie of andere bewerkingen. Deze kleurstoffen waren dan ook zeer duur en in een aantal gevallen niet zo lichtvast of lichtecht, met het gevolg dat de kleur vervaalde mettertijd. Door de bouwstenen die ter beschikking kwamen verkregen door gefractioneerde destillatie van teerolie, werd al snel geëxperimenteerd tot welke producten deze konden omgezet worden. Op die wijze worden synthetische kleurstoffen ontdekt en ontstaat de kleurstoffenchemie die de basis vormt voor de grote Duitse chemiebedrijven die we nog vandaag kennen. Eén van de grote triomfen van deze chemietak is de ontwikkeling van een economisch haalbare synthese van indigo, die op zes jaar tijd de vraag naar natuurlijk gewonnen indigo met de helft doet dalen.

Een tweede ontwikkeling heeft zijn oorsprong gevonden in een toenemende behoefte aan kunstmest om de landbouwproductie op te drijven en te laten aansluiten met de verwachte aangroei van de Europese (wereld-)bevolking. Dit vertaalde zich naar een noodzaak een proces te ontwikkelen dat toeliet efficiënt ammoniak aan te maken. Haber en Bosch ontwikkelden een proces en een installatie die dit toelaat. Dit door gebruik te maken van

enerzijds fundamentele inzichten de chemische thermodynamica en anderzijds stikstofgas uit de lucht en methaan te gebruiken als grondstoffen in een hoge temperatuur en hoge druk katalytisch proces. Deze ontwikkeling legt tevens de basis voor de reactortechnologie die zo typisch is voor de grootschalige chemische processen die we nu typisch associëren met de chemische industrie. Dankzij het schaalvoordeel worden op deze wijze allerlei chemische omzettingen economisch rendabel. De impact hiervan is nog altijd zichtbaar voor de Belgische economie waar de chemie-sector nog altijd een belangrijke economische hefboom is voor onze welvaart en waarbij Antwerpen de grootse chemische productie-site is van de wereld na Houston (USA).

Een derde voorbeeld betreft geneeskrachtige planten en de daaruit geëxtraheerde medicinale producten. Ook deze toepassing van aan chemie "doen" kent een geschiedenis van zeker zo een 10 000 jaar. De mens heeft eigenlijk snel onderkent dat een aantal (vooral) planten een positieve invloed kunnen uitoefenen op ziektesymptomen zoals ontstekingen, koorts en pijn. Het inzicht dat de bouwstenen uit steenkool of beter teerolie kunnen omgezet worden tot nieuwe organische verbindingen inspireerde niet alleen zij die actief werden in de kleurstofchemie maar ook zij die medicinale verbindingen wilden produceren. Dit leidt al snel tot de ontwikkeling van een synthese voor aspirine. De ontdekking van Fleming dat penicilline antibacterieel werkt, zet een gigantische activiteit in gang naar derivaten en nieuwe antibiotica. Ook de geneesmiddelenindustrie heeft belangrijke vertakkingen in België. Paul Janssen grondlegger van Janssen Pharmaceutica wordt erkend als één van de meest innovatieve ontwikkelaars van geneesmiddelen. Activiteiten rond medicinale producten focussen zich nu vooral op kanker en ziekten zoals AIDS. Voor beide ziektes is toch wel een indrukwekkende vooruitgang gemaakt en ieder jaar worden belangrijke stappen gemaakt in nieuwe inzichten rond ziektes als kanker en in de ontwikkeling van mogelijke therapieën.

Het vierde domein waar vanuit de chemie belangrijke bijdragen geleverd worden aan de welvaart en het welzijn in onze samenleving betreft de ontwikkeling van kunststoffen of plastics. Dit is een klasse van materialen die hun ontstaan danken aan chemici in het begin van de 20<sup>ste</sup> eeuw te beginnen met Leo Baekeland, Hermann Staudinger, Wallace Carothers, en Paul Flory. Vooruitgang in de chemische processen en diep inzicht in de fysische eigenschappen van polymeren leidt vooral na de 2<sup>de</sup> Wereldoorlog tot een explosieve expansie van gebruik en mogelijke toepassingen van plastics. Plastics zijn nu overal aanwezig en de unieke combinaties van eigenschappen zijn niet meer weg te denken in onze samenleving. Vanaf de jaren 70' en 80' duiken meer en meer speciale plastics op met bijzondere mechanische sterkte of bijzondere eigenschappen zoals geleiding en halfgeleiding. Dit leidt ertoe dat plastics ook ingezet kunnen worden als actieve component in elektronica. Hiermee komen we op het terrein van een belangrijk deel van de onderzoeksactiviteiten binnen imo-imomec. Deze plastics kunnen zelf potentieel een belangrijk aandeel aanleveren van onze toekomstige energiebehoeften omdat op deze wijze flinterdunne zonnecellen kunnen geproduceerd worden. Plastics zijn de materialen van de 21<sup>ste</sup> eeuw. Zijn er dan geen problemen? Ja, natuurlijk en een gevolg van onoordeelkundig gebruik. Is het een optie om plastics als materialen uit te sluiten? Neen, onze levenskwaliteit zou dramatisch verminderen. Er is in die zin maar één weg, nl het principe uitbouwen van een circulaire economie waar er geen afval is maar eerder grondstoffen voor andere toepassingen en energierecuperatie.

Nu voor alle hogere toepassingen begint het verhaal essentieel bij koolstof uit fossiele brandstoffen en zoals we weten zijn deze eindig. Wat daarna? De uitweg zal moeten zijn om de nodige koolstof te betrekken uit biomassa. Is dat een haalbare kaart? Hebben we de technologie om dit waar te maken? Het antwoord is neen, maar is in ontwikkeling. Ook hier kan de chemie een cruciale rol spelen. Eerste vereiste is een voldoende gevoel aan urgentie van overheden en van het publiek om hierop sterk in te zetten met middelen voor onderzoek.

Op deze manier zal men de verworvenheden van 200 jaar ontwikkeling van kennis en kunde kunnen overdragen naar toekomstige generaties.