

## Groene chemie in de klas

*Karien Van Royen en Mario Smet\**  
*Katholieke Universiteit Leuven, Departement chemie*  
*Celestijnenlaan 200f bus 2404 , 3001 Heverlee*  
*Mario.Smet@chem.kuleuven.be*

Groene chemie streeft duurzaamheid na, bijv. door minimaal verbruik van grondstoffen en energie, gebruik van minder schadelijke reagentia en productie van functionele producten (detergenten, plastics...) met lagere toxiciteit en/of betere biologische afbreekbaarheid.<sup>1</sup> De leerplannen chemie vermelden groene chemie niet of nauwelijks expliciet. Veilig en verantwoord omgaan met (chemische) stoffen is daarentegen wel een expliciete doelstelling. Bovendien is het aanleren van een milieubewuste houding van groot belang in onze huidige maatschappij en behoort dit bijgevolg tot de vakoverschrijdende eindtermen. Daarnaast wint groene chemie ook in de industrie dag na dag aan belang. De kosten voor energie, het afvoeren van afval, het verzekeren van werknemers tegen ongevallen met of ziekte door chemische stoffen e.d. nemen immers hand over hand toe. Ook de industrie is derhalve vragende partij voor wetenschappers en ingenieurs die oog hebben voor deze problematiek. Een laatste argument om expliciet groene accenten in de chemieles te introduceren is de motiverende werking die ervan kan uitgaan voor de leerlingen. Al te vaak wordt chemie immers geassocieerd met een ongezonde omgeving, giftige stoffen, milieuproblemen en gevaren allerhande, wat niet zelden een zekere afkeer oproept. De chemie is echter zelf het best geplaatst om deze mogelijke problemen op te lossen en de groene chemie is daartoe een zeer belangrijke stap. Wanneer de leerlingen dit beseffen, is een belangrijk psychologisch obstakel op de weg naar de ongemeen boeiende inzichten die de chemie te bieden heeft, uit de weg geruimd.

### Groene chemie toegepast in experimenten

Ondanks het feit dat de huidige leerplannen reeds omvangrijk zijn, kan groene chemie wel degelijk binnen het bestaande tijdsbestek worden geïntroduceerd in de klas. Groene chemie vereist slechts in beperkte mate nieuwe kennis. Veeleer vraagt groene chemie een ingesteldheid, een constante bekommernis, een voortdurende kritische analyse van alle manipulaties en processen van chemische aard. Bijgevolg kunnen aspecten van groene chemie in zekere mate worden bijgebracht zonder de tijds- en 'leerstofdruk' op te voeren, bijvoorbeeld aan de hand van stoichiometrische berekeningen<sup>2</sup> of experimenten, waarbij groene chemie als het ware terloops wordt toegelicht.

Het zogenaamde 'experiment met de blauwe fles' (waarvan talrijke varianten zijn beschreven<sup>3</sup>) kan gebruikt worden voor het illustreren van verschillende chemische concepten die van belang zijn binnen de context van de schoolchemie, zoals de gaswetten, stoichiometrie en redoxreacties. De klassieke vorm van dit experiment is goed bekend maar door het gebruik van een relatief grote hoeveelheid van het zeer corrosieve KOH helaas niet zonder risico voor het milieu, de leraar en de leerlingen (zie tabel).

<sup>1</sup> Green chemistry: theory and practice, P. T. Anastas, J. C. Warner, Oxford: Oxford University Press, 2000. Green chemistry: an introductory text, M. Lancaster, Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2002.

<sup>2</sup> Y. Song, Y. Wang, Z. Geng, *J. Chem. Educ.*, **2004**, *81*, 691.

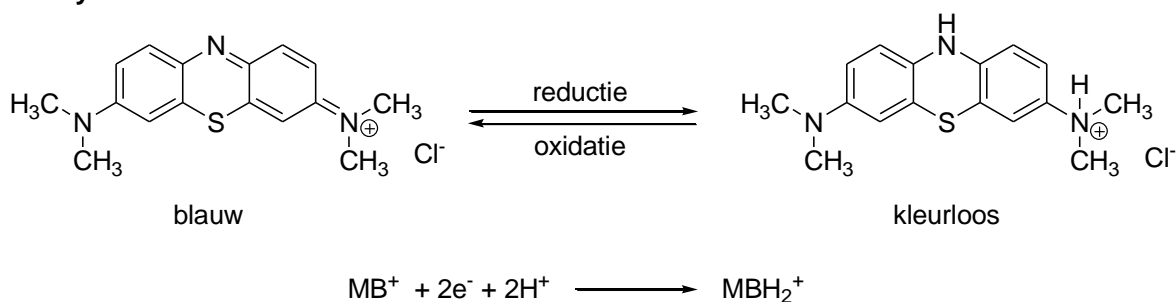
<sup>3</sup> <http://www.chem.leeds.ac.uk/delights/texts>



Een alternatieve, uitgesproken ‘groenere’ versie van de blauwe fles maakt gebruik van ascorbinezuur in plaats van glucose als reductans in combinatie met een katalysator en kan dus ook gebruikt worden om katalyse te illustreren.<sup>4</sup> KOH is niet langer noodzakelijk (zie tabel). Een oplossing van de vermelde stoffen wordt in een fles van 1 L gebracht. De blauwe kleur verdwijnt geleidelijk doordat het methyleenblauw door het aanwezige ascorbinezuur wordt gereduceerd tot de kleurloze gereduceerde vorm (zie schema). Wanneer de fles wordt geschud ontstaat intensief contact tussen het zuurstofgas van de ingesloten lucht en de oplossing, waardoor het methyleenblauw wordt geoxideerd en de oplossing opnieuw blauw kleurt. Deze oxidatiereactie treedt enkel op onder de katalytische werking van  $\text{Cu}^{2+}$ . Ook de reductie van het methyleenblauw verloopt aanzienlijk trager in afwezigheid van  $\text{Cu}^{2+}$ . Dit kan mooi geïllustreerd worden door het mengsel te bereiden zonder de katalysator toe te voegen: de blauwe kleur vervaagt dan slechts langzaam. Bij het toedruppelen van een  $\text{CuSO}_4$ -oplossing met gepaste concentratie (nagenoeg kleurloos), ziet men de blauwe kleur onmiddellijk intenser worden, zelfs zonder dat de oplossing wordt geschud. Dit toont duidelijk de katalytische werking aan van het  $\text{Cu}^{2+}$  en laat ook zien dat er reeds zuurstof in de vloeistoffase opgelost was.

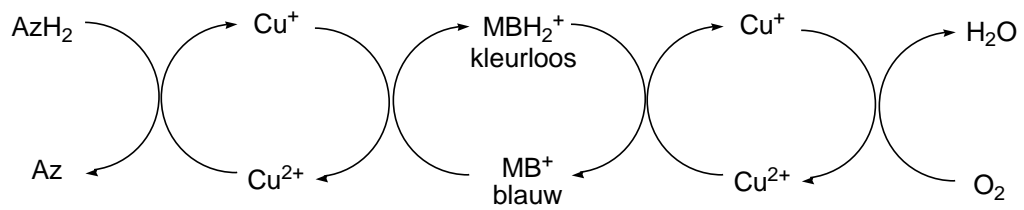
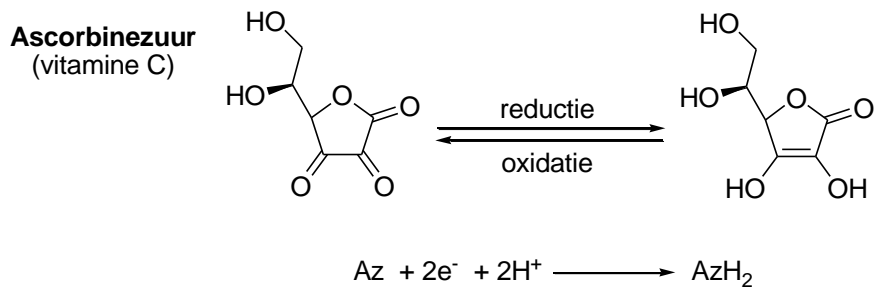
Klassieke versie	Groene versie <sup>5</sup>
20 g glucose	2,4 g ascorbinezuur
16 g KOH	75 mg $\text{NaHCO}_3$
1,0 mg methyleenblauw	3,0 mg methyleenblauw
600 ml water	1 g NaCl
	36 mg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	600 ml $\text{H}_2\text{O}$

### Methyleenblauw



<sup>4</sup> E. W. E. Welleman, M. E. Noble, *J. Chem. Educ.*, **2003**, 80, 537

<sup>5</sup>  $\text{NaHCO}_3$  brengt de pH op een optimale waarde van 3 en het toegevoegde keuzenzout levert chloride-ionen die de efficiëntie van de katalysator  $\text{Cu}^{2+}$  optimaliseren door complexatie.



**Schema:** Redoxreacties in de groene versie van de blauwe fles