

Groene Chemie:

*Een historisch perspectief
en
het nut voor onderwijs*

Dr. Arjan Linthorst
Docent scheikunde, CSG Dingstede te Meppel
3 November 2023, Woudschoten Chemie Conferentie

Buitenpromovendus: welk onderwerp? (2005)

Prof. Jan Engberts (RUG):

Linthorst, Klijn en Engberts, “Influence of Long-Tailed Alcohols on the Solubilisation of Cationic Bilayers,” *International Journal of Molecular Science* 6 (2005): 104-118.

Bakkie koffie

Diels, Otto, en Kurt Alder, “Synthesen in der Hydroaromatischen Reihe,” *Justig Liebigs Annalen der Chemie* 460 (1928): 98-122.

J.A. Linthorst, “Groene scheikunde,” *NVOX* 29 (2004): 547.

KNCV: Chemie Historische Groep (CHG)

Word lid!

Home > Foundations of Chemistry > Article

An overview: origins and development of green chemistry

[Open access](#) | Published: 01 October 2009 | 12, 55–68 (2010)

[Download PDF](#) 

✓ You have full access to this [open access](#) article

J. A. Linthorst 

 15k Accesses  139 Citations  15 Altmetric  1 Mention [Explore all metrics](#) →

Research between **Science, Society and Politics**

9 Februari 2023

Johan Alfredo Linthorst

**THE HISTORY
AND SCIENTIFIC
DEVELOPMENT
OF GREEN
CHEMISTRY**

www.eburon.nl



Publiek imago chemie

Na WOII

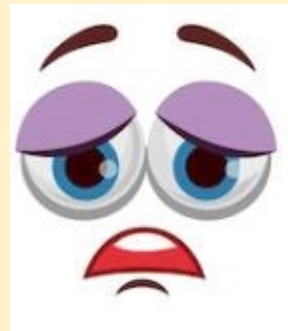


De chemische wetenschap



De samenleving

Democratisering



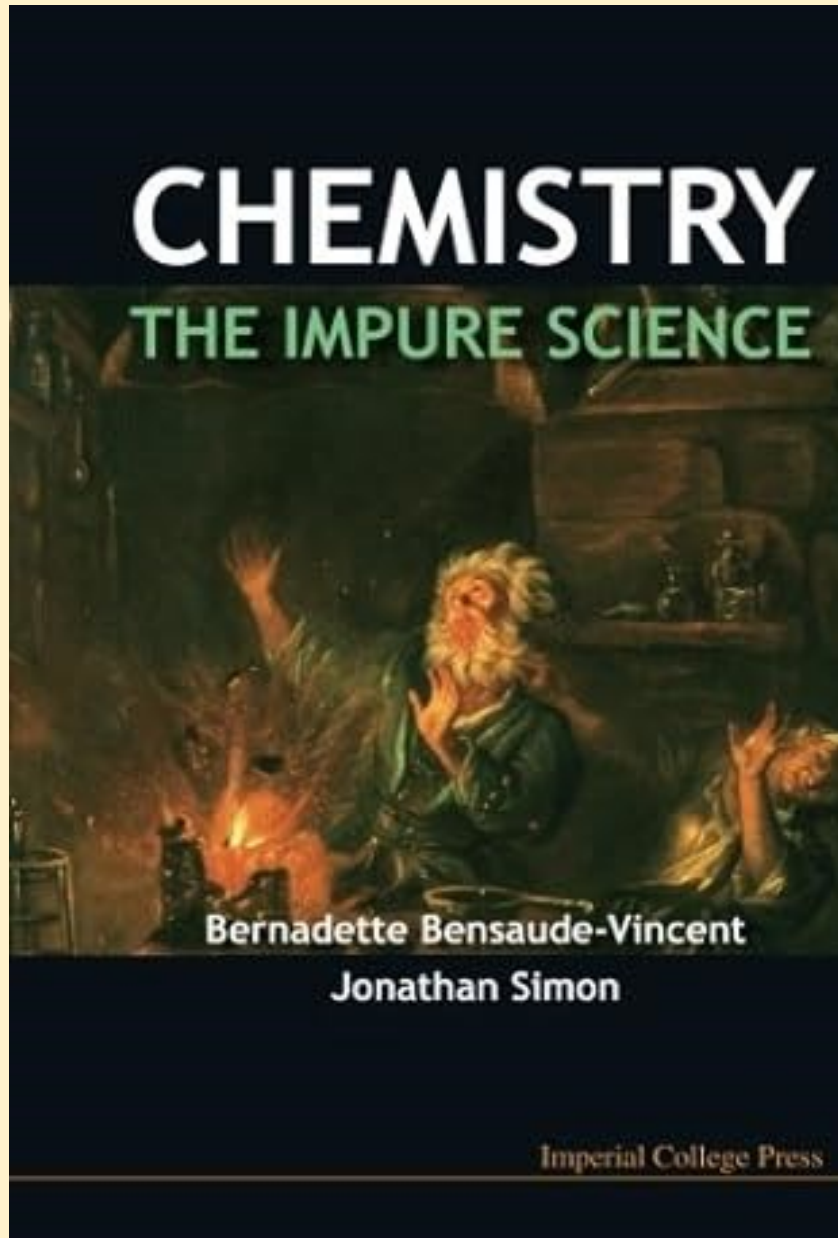
De chemische wetenschap



De samenleving

Milieuproblematiek

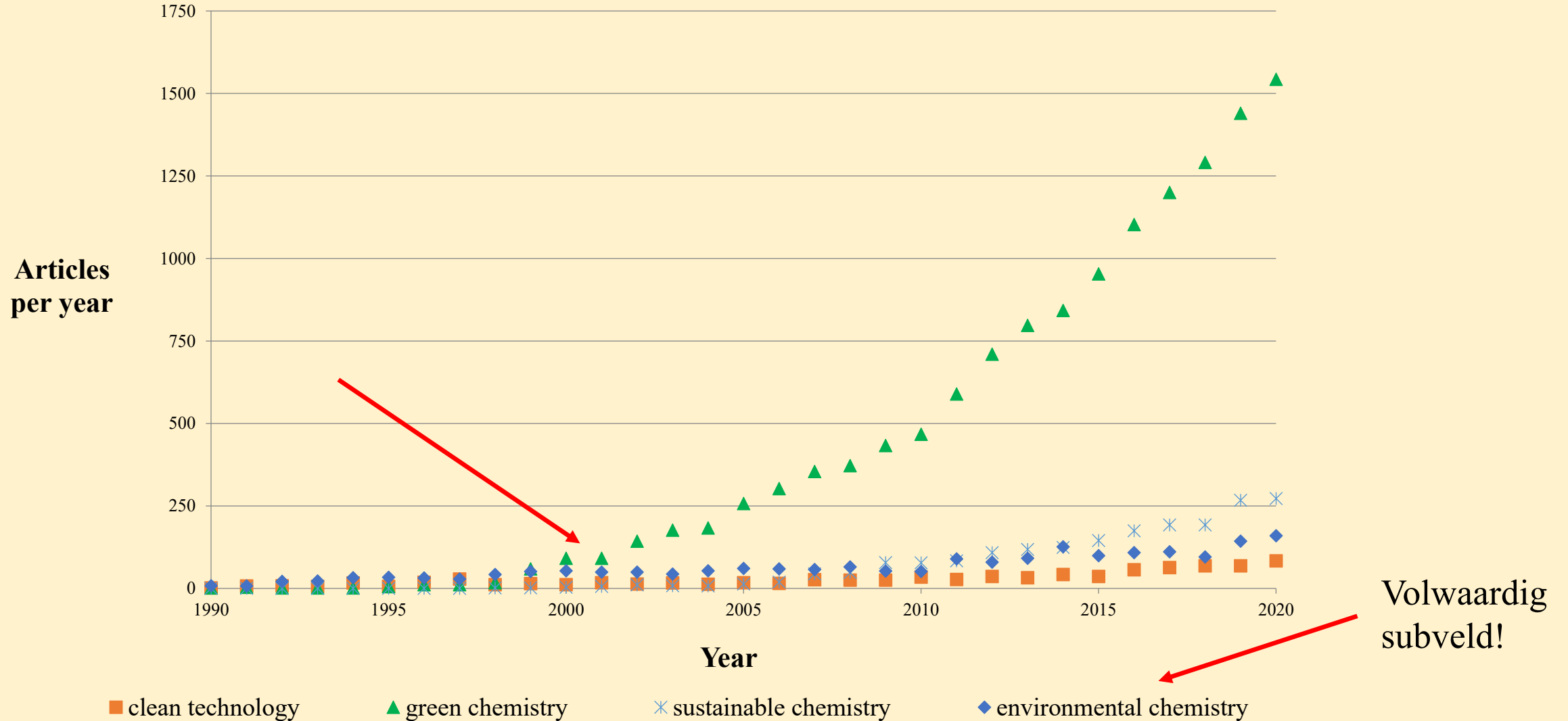
1990



Leestip!

Verder lezen over imago
van de chemie.

Wat een groei!



Controverse



“Greenwashing”

“Sociale beweging”

“Wetenschappelijke revolutie”

“Meta-discipline”

“Buzzword”

“Wetenschappelijke beweging”

Dit proefschrift

Ontstaan en wetenschappelijke ontwikkeling van “**groene chemie**”

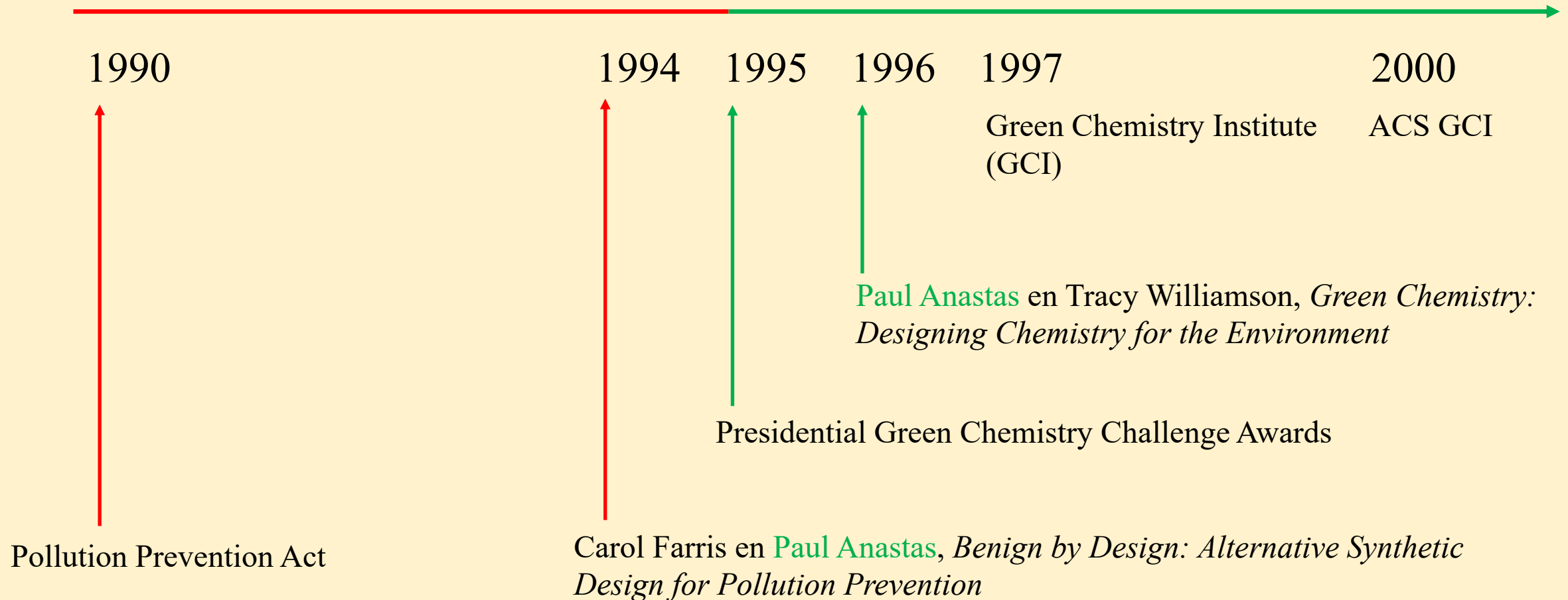
Vergelijkende analyse: VS, VK en Nederland

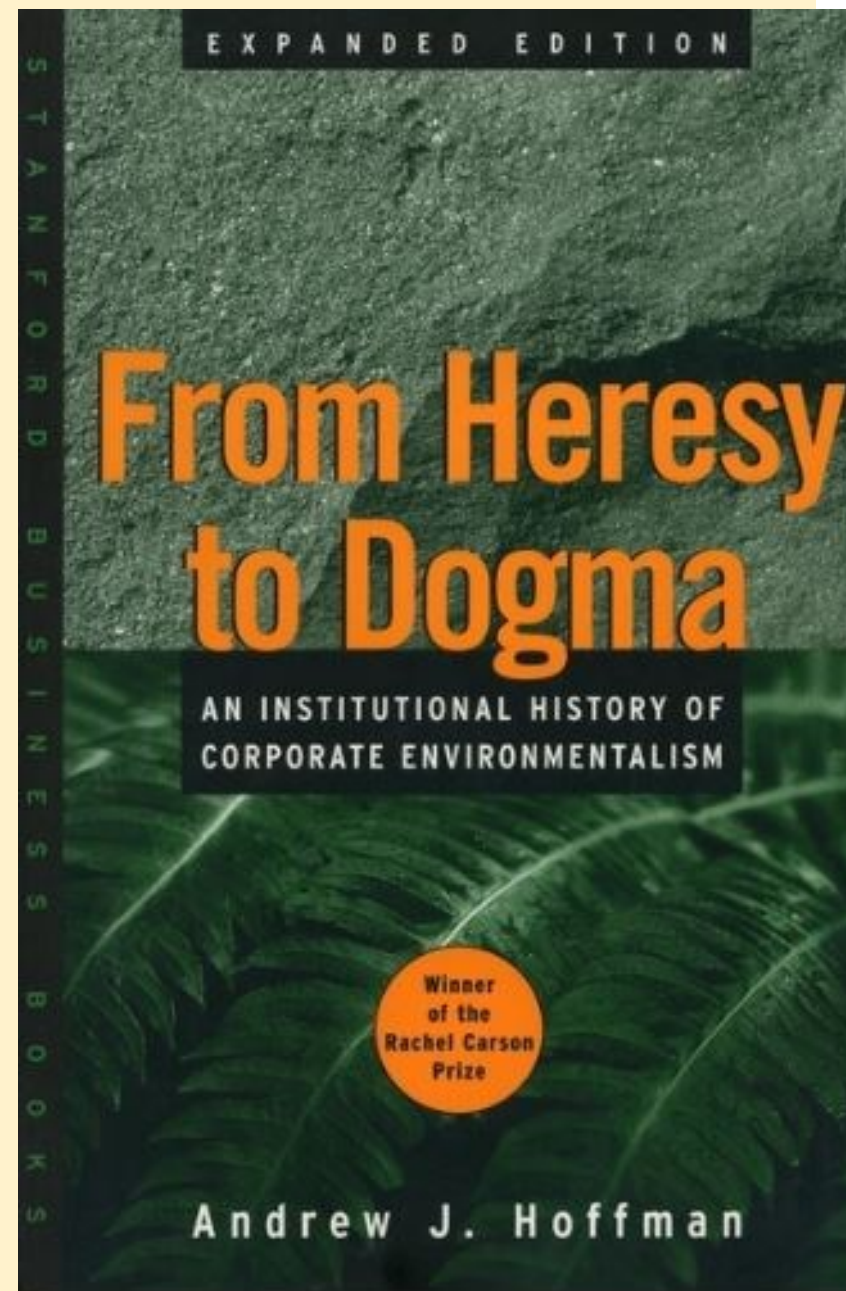
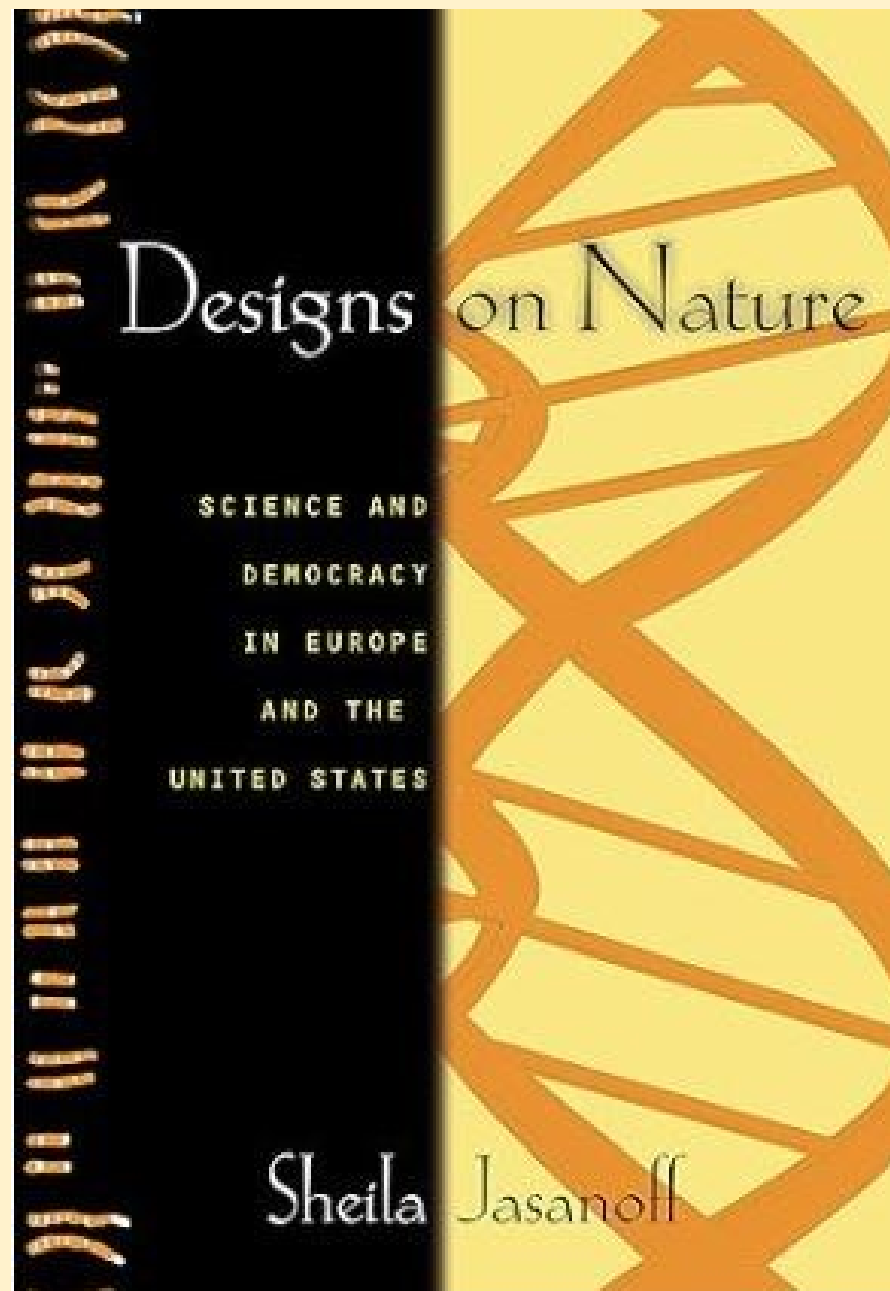
Drie professionele en intellectuele genootschappen:

VS	American Chemical Society
VK	Royal Society of Chemistry
NL	Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging

Wetenschappelijke identiteit

Route naar groene chemie: de VS





Wetenschappelijke publicatie

Green Chemistry: Designing Chemistry for the Environment (1996)

ACS Division of Environmental Chemistry: tientallen “pollution prevention” symposia

Paul Anastas: toegewijd (beleids)chemicus (EPA)

Milieuagentschap: US Environmental Protection Agency (EPA)

Teken aan de wand

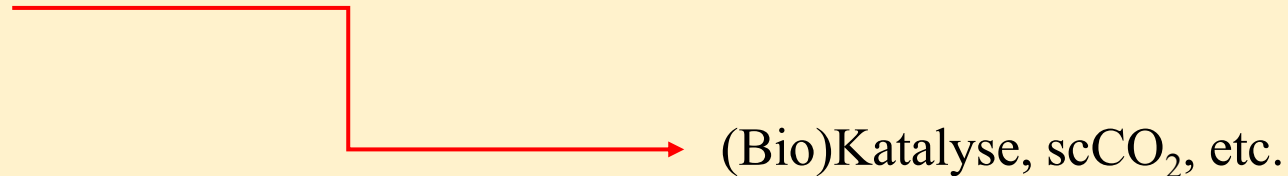
Benign by Design: Alternative Synthetic Design for Pollution Prevention (1994)

Green Chemistry: Designing Chemistry for the Environment (1996)

Niet wezenlijk gebruik van de term “green chemistry”.

Het concept atoomeconomie niet wezenlijk in beeld bij praktiserende chemici.

Wel grote variëteit aan onderzoek met focus op afvalpreventie



Auteurs citeren elkaar onderling niet/nauwelijks

Andere route: het VK

~~The RSC Environmental Chemistry Group?~~

Wetenschapsbeleidsprogramma: “Technology Foresight” (1993)

1998: RSC Green Chemistry Network (York University)

Chemicus uit het laboratorium: James Clark (York University) en ‘clean technology’

1999: de RSC journal *Green Chemistry*

„On the eve of the 21st century, however, the **public** are more aware of the **hazardous** substances that many chemical processes use and generate than the benefits of the products. **Chemistry** and the chemical industry have **tarnished images**. With your help we can use this journal to convey the means and motivation for chemists to make a difference.”
(James Clark)

In eigen land: ook anders

~~KNCV Sectie Milieuchemie?~~

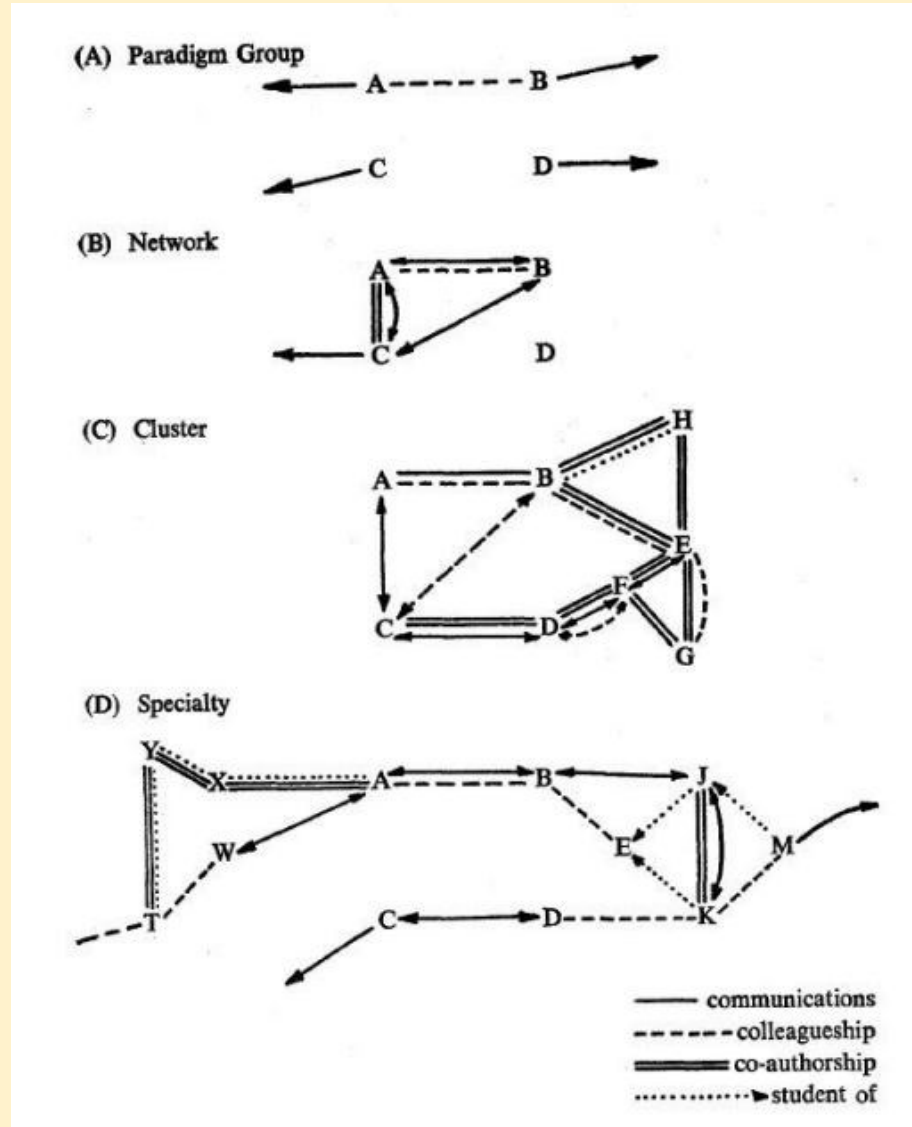
Special issue “groene chemie”: *Chemisch Magazine* (1991)

Gedecentraliseerd wetenschapsbeleidprogramma: Duurzame Technologische Ontwikkeling Chemie (DTO-Chemie) (1993-1997)

1997: Stichting Duurzame Chemie Ontwikkeling

Term “duurzame chemie” >> “groene chemie”

Traditionele groei



Publicaties in *Green Chemistry*

Cees Okkerse en Herman van Bekkum:

1996: “Vernieuwbare Grondstoffen voor de Chemische Industrie,” in DTO-Chemie, *Duurzaamheid en Chemie: Een Bundel Essays*

1999: “From Fossil to Green” in *Green Chemistry*

Grote diversiteit aan intellectuele bronnen (uit tal van landen).

Special issues: “sonochemistry” en “renewable resources”

Geen traditionele groei van een wetenschappelijk veld (met als start het laboratorium).

Handboek: 12 principes

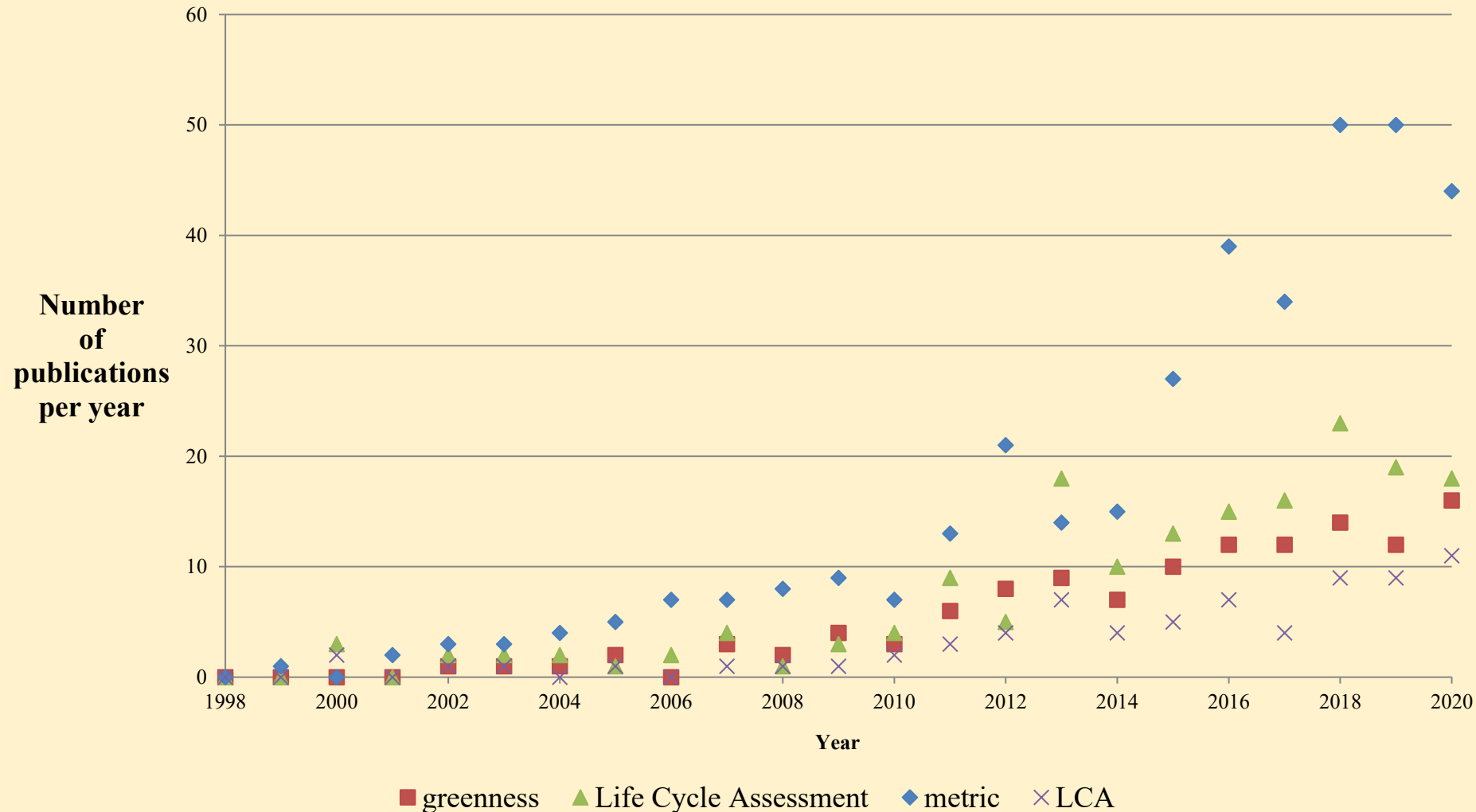
Paul Anastas and John Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice* (1998)

1. It **is better** to prevent waste than to treat or clean up waste after it is formed.
2. Synthetic methods **should be** designed to maximize the incorporation of all materials used in the process into the final product.
3. **Wherever practicable**, synthetic methodologies **should be** designed to use and generate substances that possess little or no toxicity to human health and the environment.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.

Neil Winterton in *Green Chemistry* (2001): ‘difficult to fault’.

Onduidelijke betekenis

„The challenge today is the opposite of what we faced in the 90s – now we need to be more clear on what deserves to be classified as green chemistry.”, aldus James Clark e.a. in *Green Chemistry* (2014)



“Parapluterm”

Stabilisatie door institutionalisering: veranderende ‘rationale’ voor chemische wetenschap

Retorische respons op negatief publiek imago

Epistemische waarde

Zwakke demarcatie: “gebruiksvriendelijke term”



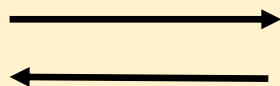
Aanbevelingen

Andere landen bestuderen: Duitsland, Afrika, etc.

Internationale organisaties

Niet-dominante actoren bestuderen

Minder paraplu termen?

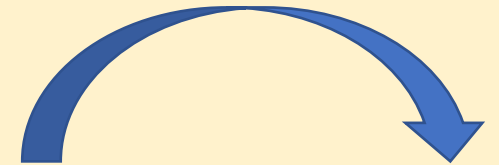


De chemische wetenschap

De samenleving



Belastinggeld



Voor de klas

Nut?

Binas 97F en syllabus: E-factor, “12 Principles” en atoomeconomie.

Anekdoten:

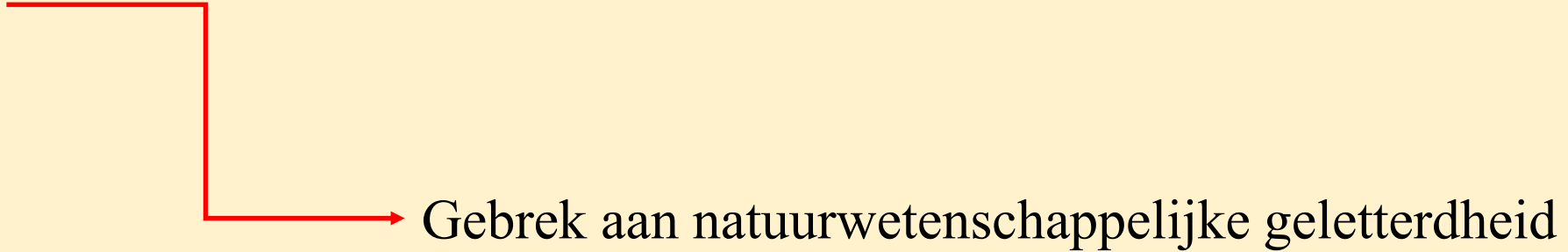
1990: Clive Cathcart eerste gebruiker van de term “green chemistry”.

1991: Barry Trost (Stanford University) en atoomeconomie (molaire massa en Binas).

2005: Nobelprijs voor de Scheikunde voor Chauvin, Grubbs en Schrock.

Natuurwetenschappelijke geletterdheid

OESO, “PISA 2018 Science Framework”



Hoe anticipeert onderwijs?

Teresa Celestino, “High School Sustainable and Green Chemistry: Historical-Epistemological and Pedagogical Considerations,” *Sustainable Chemistry* 4 (2023): 304-320.

Syllabus Vwo scheikunde 2025

(Versie Jan. 2022)

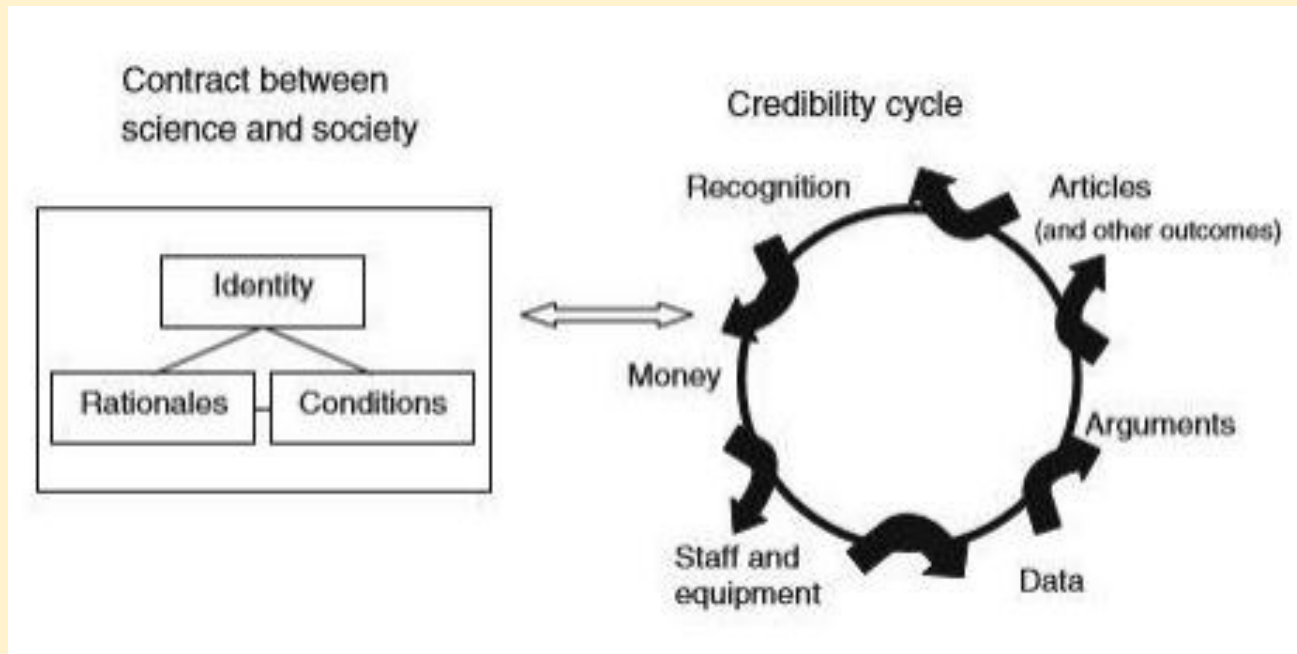
Subdomein A15. Redeneren over **ontwikkelen** van chemische kennis

*... De kandidaat kan analyseren op welke wijze natuurwetenschappelijke, technologische en chemische kennis wordt **ontwikkeld** en toegepast. Specificatie De kandidaat kan 1 weergeven hoe natuurwetenschappelijke kennis ontstaat, welke vragen natuurwetenschappelijke onderzoekers kunnen stellen en hoe ze aan betrouwbare antwoorden komen (Kennisvorming); 2 beschrijven hoe natuurwetenschappelijke en technische kennis wordt toegepast en kan aangeven hoe de **wisselwerking** tussen natuurwetenschap, techniek en samenleving is (Toepassen van kennis);*

Subdomein A9. Waarderen en oordelen

*... De kandidaat kan in **contexten** een beargumenteerd oordeel geven over een situatie in de natuur of een technische toepassing, en daarin onderscheid maken tussen wetenschappelijke argumenten, **normatieve maatschappelijke overwegingen** en persoonlijke opvattingen.*

Vwo 5



Schrijfpdracht

Tweetallen

Peer review

Link tussen ontwikkeling chemische kennis
en
identity, rationale en/of conditions.

Prof. Laurens Hessels (Rathenau Instituut en
LeidenUniv)

Prof. Harro van Lente (UniMaas)

Life Cycle Assessment (LCA)

Atoomeconomie en schadelijkheid bijproducten (Linthorst, NVOX, 2004)

Koper(II)nitraat, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, is een grondstof voor de bereiding van bepaalde verfstoffen in de kledingindustrie. Er zijn verschillende routes mogelijk om kopernitraat te maken uit koper met behulp van salpeterzuur.

- A. Oxidatie van koper met geconcentreerd salpeterzuur tot koper(II)nitraat. Hierbij ontstaan stikstofdioxide (NO_2) en waterdamp als bijproduct.*
- B. Oxidatie van koper met verdund salpeterzuur tot koper(II)nitraat. Hierbij ontstaan stikstofmonoxide (NO) en waterdamp als bijproduct.*
- C. Oxidatie van koper met zuurstof tot koper(II)oxide; daarna reactie van koper(II)oxide met salpeterzuur.*

LCA

To do op middelbare school?

Syllabus VWO Scheikunde 2025 (versie Jan. 2022): LCA

Esther de Waard e.a., “Engaging Preuniversity Students in Sustainability and Life Cycle Assessment in Upper-Secondary Chemistry Education: The Case of Polylactic Acid (PLA),” *Journal of Chemical Education* 99 (2022): 2991-2998.

Nuchtere omgang met “onzekerheid” in chemiewetenschappelijke kennis.

Ik dank u voor uw aandacht.

Promotor:

Prof. Ernst Homburg

Financiële support onderzoekstrips:

The Science History Institute (Philadelphia, PA)

Society for the History of Alchemy and Chemistry (**Word lid!**)

Fellowship van Descartes Centre (Universiteit Utrecht)

Pieter Langerhuizen Stipendium (Koninklijke Hollandse Maatschappij der Wetenschappen)