

# Kringloopdenken in chemie en economie

Een eeuwenoud verhaal

*Ernst Homburg*

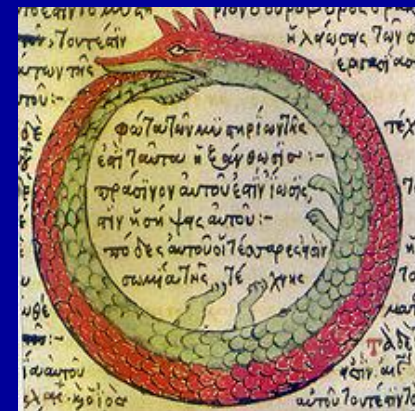
*lezing Eindhoven, 8 oktober 2015*

# Inhoud

- Kringloopdenken in vroege chemie
- Liebig en landbouwchemie 19<sup>e</sup> eeuw
- Grondstoffenschaarste ca. 1920. Ideeën van Arrhenius
- Biosfeermodellen ca. 1970
- Duurzaamheid en Groene Chemie nu

# Kringloopdenken in de (al)chemie

- De slang  
Ouroboros
- Organisch  
wereldbeeld (vgl.  
Aristoteles)



# Vier chemische tradities in 15e-16e eeuw

Chemie = vuurkunst (pyrotechnia)

Verschillende varianten/ 'tradities':

- Metallurgische traditie: productie > Paracelsus vertaalt dit naar geneeskunst
- Destillatie traditie: productie > Gesner bevordert gebruik in geneeskunst
- Essayeurs traditie > verbonden met metallurgie
- Alchemische traditie > verbonden vooral met metallurgie; Paracelsus

Metallurgische traditie: productie van chemische  
bijproducten – afbeeldingen uit ‘leerboeken.’  
(1550-1570)





# Essayeurs: bepalen goud- en zilveragehalte m.b.t. speciale oven. Balans! (1510 – 1540)

## Probier büch =

lein/auff Gold/Silber/Kupffer/  
vnd Bley/Auch allerlay Metall  
wie man die zů nutz arbayten vñ  
Probieren soll.

Alle Münzmaystern/Wardeyn/Gole  
werckern/Berckleuten/vñ k auff leitē  
der Metall zů nutz mit grossen fleyß zů  
samen gebracht.

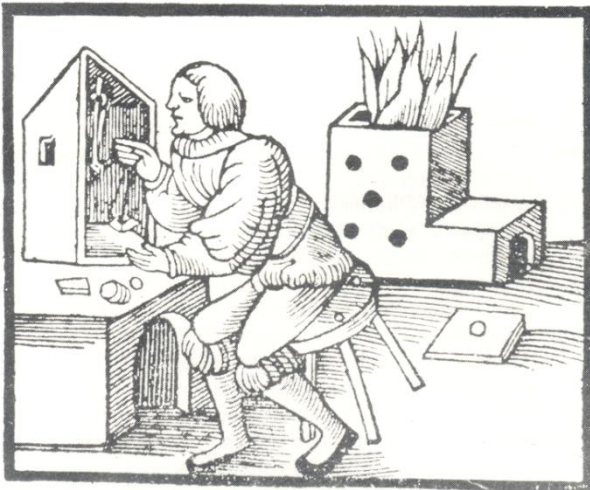


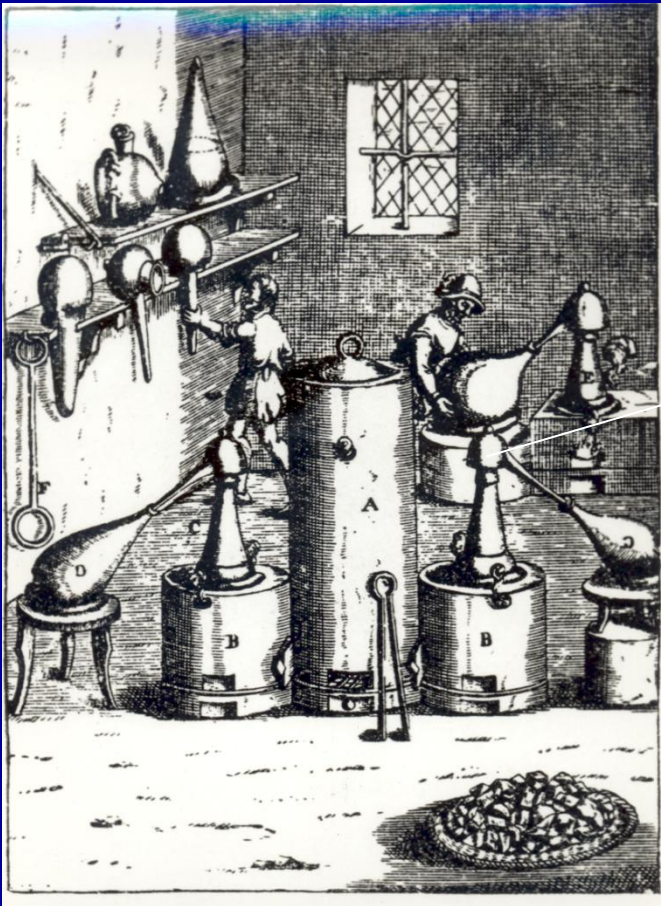
Fig. 2. Title page of "Probierbüchlein" (anon, published Augsburg 1510)

# Destillatie traditie: plantenextracten – ‘vrouwen in de chemie.’ Vergelijk ‘realisme’ (1550 – 1682)





# Alchemie: 'onderzoek', combinatie van tradities





# Institutionalisering chemie in medisch onderwijs; later ook farmaceutisch

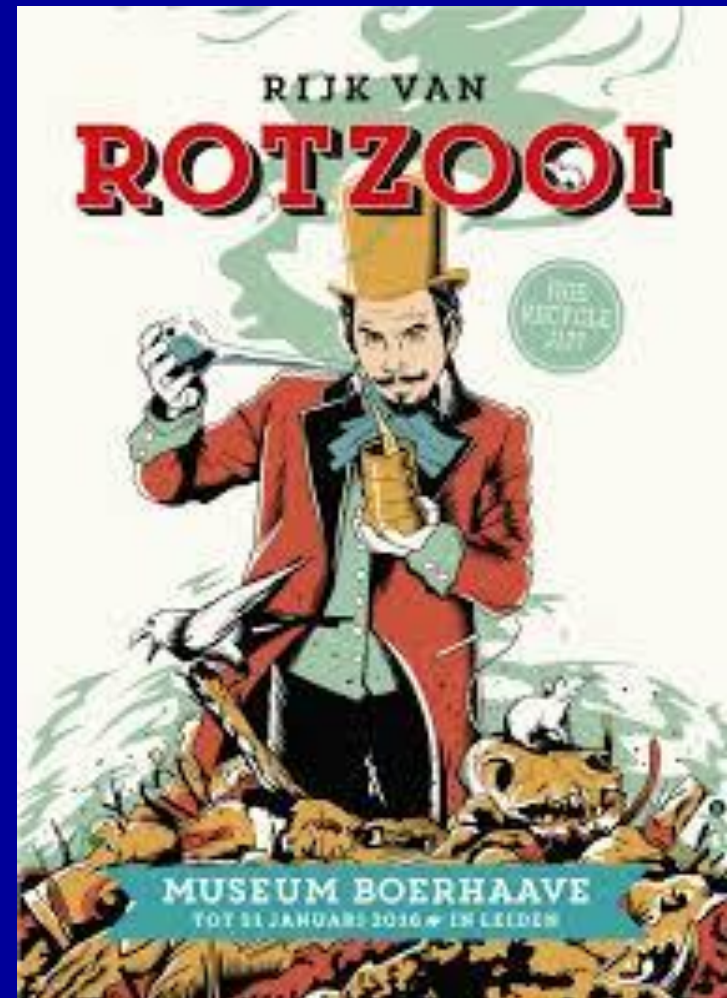
De Chymie is een konst, die alle vermengde Lichaemen losmaeckt, en die (...) wederom t'samen stremt en coaguleert, om hen zo te reduceren tot gezonde (...) medicamenten (Beguin, leerboek, 1612)

Tot ver in de 18<sup>e</sup> eeuw herhaald.



# Recycling in economie

- Quesnay, Franse fysiocraten, 18e eeuw
- Hergebruik van industriële en agrarische afvalstoffen: beenderen > kunstmest
- Industrieafval als bemesting
- Tentoonstelling Boerhaave



# Nieuwe instrumenten >> laboratoriumrevolutie

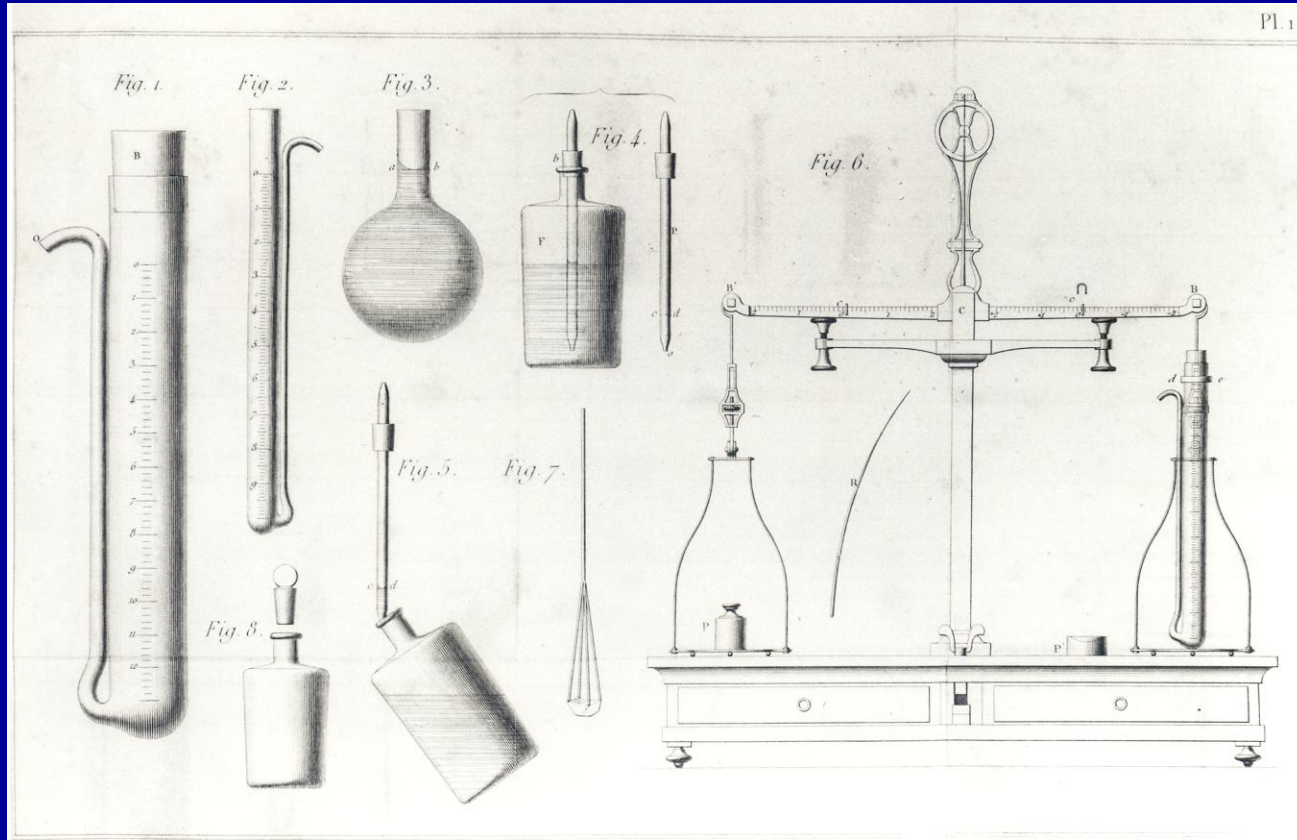
- Chemie = vuurkunst = oven-vak > destillatie – solve et coagula centraal
- Droge chemische analyse: fracties

Twee nieuwe ontwikkelingen:

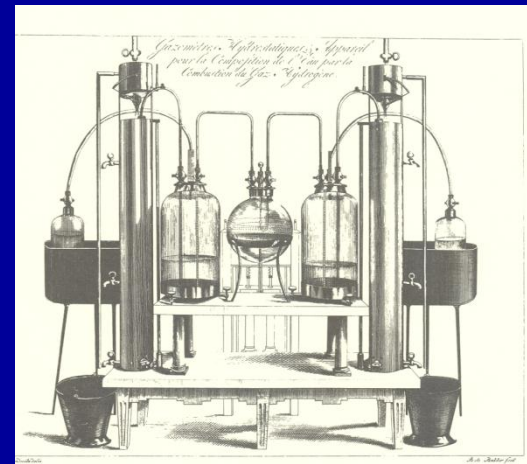
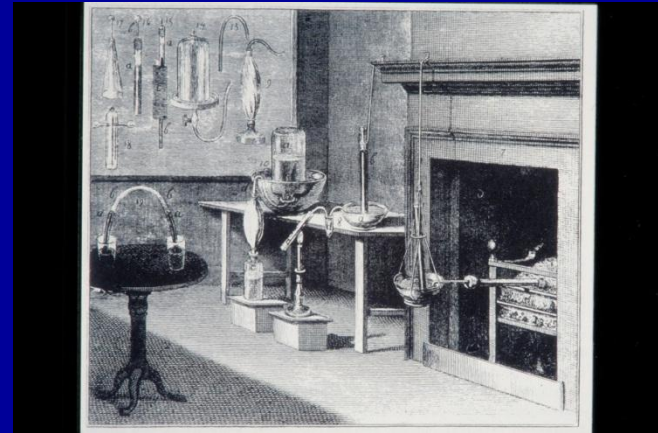
- Natte chemische analyse (Bergman, Gay-Lussac, Descroizilles)
- Chemie van gassen (Priestley, Lavoisier)



# Volumetric methods (Descroizilles; Gay Lussac 1830)



# Manipulation of gases: Priestley 1774; Van Marum 1790; Mr. & Mrs. Lavoisier 1790



# Analyse in plaats van kringlopen

- Cyclische beeld van de chemie verdwijnt
- Organisch > mechanisch wereldbeeld
- Verlichting: rationeel onderzoek
- Opkomst chemische analyse, met nieuwe technieken



# Romantische reactie op Verlichting

- Duitsland: Naturphilosophie (Goethe, Fichte; Oerstedt; Schweigger; Kastner, etc.)
- Holistisch: o.a. eenheid van schei- en natuurkunde. Veel aandacht voor elektriciteit en magnetisme
- Organisch wereldbeeld
- Opkomst fysiologie: kringlopen; stofwisseling

# Justus Liebig (1803-1873)

- Zet zich af tegen Naturphilosophie
- Maar neemt wel kringloopgedachte over
- En idee van levenskracht

# Liebig's beroemdste boek

- Justus Liebig, *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie* (1840)
- Beroemd vanwege ideeën over bemesting (hoewel deels onjuist)
- Mineralen door planten opgenomen; dan metamorfoses door levenskracht; na dood ontbinding door rotting en fermentatie. Een kringloop dus met een organisch en een anorganisch deel

Zeer invloedrijk ! In landbouw + afvalgebruik

Maar ook hygiënist Chadwick (1842) toepassing op stedelijke afvalstromen



# Jaren 1840 en 1880

- Twee ontwikkelingen raken verknoopt:  
(deels voortbouwend op fysiocratie + 18<sup>de</sup> eeuwse praktijken)
  - Liebig's ideeën m.b.t. minerale kringlopen;
  - Ideeën over verwerken en benutten van afval

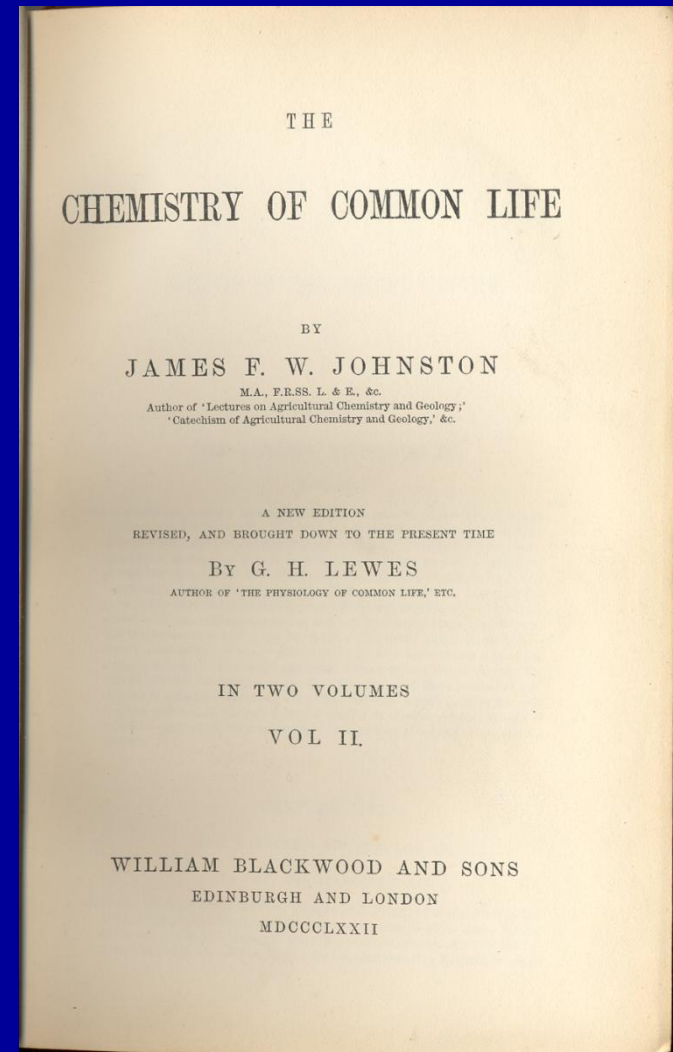
# Kringloopdenken (1)

- Materialische kritiek op Liebig:  
Jacob Moleschott (1822-1893),  
1852: *Der Kreislauf des Lebens: Physiologische Antworten auf Liebig's Chemische Briefe* > volledig materialistisch; verwerping levenskracht
- Nederlander, leerling van G.J. Mulder; Feuerbach  
Later naar Duitsland; vlucht naar Zwitserland en Italië vanwege zijn linkse en atheïstische ideeën



# Kringloopdenken (2)

- Chemico-theologische uitwerking door James Johnston
- 1853 essay 'The Circulation of Matter', later opgenomen in The Chemistry of Common Life (1855)
- Uitgewerkt idee van water, koolstof, stikstof, zuurstof, en minerale chemische cycli
- Die in elkaar grijpen: planten CO<sub>2</sub> – dieren O<sub>2</sub> bijv. > rol Creator
- Culminatie kringloopdenken





# Afval (1)

- Nuttig gebruik van afvalstromen weer gepromoot door Franse hygiënisten vanaf jaren 1820s.
- Chadwick: London 1842 – symbiose stad-platteland
- In Nederland (politieke) druk om afvalwater van suiker-, garancine-, etc. nuttig te gebruiken ca. 1860
- Later Liernur-stelsel + Ketjen in Amsterdam etc.

# Afval (2)

- Engelse Liebig-leerling Lyon Playfair concludeert 1862 over het maatschappelijk nut van de chemie: "[chemistry] takes substances apparently repulsive, and converts them into industrial utilities." Omdat de chemie in dit opzicht de natuur imiteert, is het volstrekt uit den boze, stelde Playfair, "to think that the economy of chemistry in converting waste substances into industrial utilities, is either ignoble or repulsive."



# Einde schaarse organische kringloop + afval

- Opkomst grootschalige kunstmestindustrie (P, N, K): steeds minder tekort; stedelijke mestverwerking niet rendabel
  - Opkomst bacteriologie (anti-Liebig + gevaren mest recycling)
  - Verdwijnen chemico-theologie
  - Lozen maar! Industrie verplaatst naar grote rivieren: concept 'Opferstrecke'
- > wordt dominante paradigma tot 1970s

# Schaarste problematiek minerale grondstoffen

- Dunne zij-lijn tot rapport Club van Rome (1971)
- 1893 R. Nusse, *Die Kohlenvorräte der europäischen Staaten, insbesondere Deutschlands, und deren Erschöpfung* (Berlin 1893)
- 1898 W. Crookes, address voor *British Association for the Advancement of Science* (over bevolkingsgroei vs. voedselproductie)
- 1913 Twaalfde Internationale Geologencongres te Toronto was aan de wereld-steenkolenvoorraden gewijd
- 1922 United States Geological Survey waarschuwt dat er nog slechts voor 20 jaar olie is



# Arrhenius over schaarste

- *Chemistry in Modern Life* (1925), uit het Zweeds, ook Duitse vertaling, etc.
- Waarschuwt voor uitputting van olie, steenkool en zware metalen



# Arrhenius: zet afvalverwerking weer op de kaart

Slot van boek, slot van hoofdstuk 'Housekeeping with the treasures of nature', pleidooi voor 'Conservation':

- "There holds in chemistry a rule which must be applied in all wise housekeeping. It is the "Chemist's Commandment": "Thou shalt not waste"

Thou shalt not destroy anything useful. It is the use of so-called waste products which brings about a maximum return. Herein lies our hope for the future. Priceless is that forethought which has lifted mankind from the wild beast to the high standpoint of civilized humanity."

# Afval blijft thema in crisis en WO II

- Autarkie-streven in Duitsland
- Schaarste in WO II
- C. Ungewitter, *Verwertung des Wertlosen* (Berlin 1938)
- C. Ungewitter, *Verborgene Reichtommen in het waardeloze* (Zwolle 1943)
- In 1950 nog een laatste waarschuwing: H. Römpf, *Chemie der Zukunft* (Franckh'sche Verlagshandlung/Kosmos. Gesellschaft der Naturfreunde). Daarna verdwijnt het thema tot 1971

# Terugkeer van het kringloop-denken

- (1) General systems theory/ cybernetica (John von Neumann; Nobert Wiener).  
Opkomst computers.
- (2) modellen en computers in de meteorologie
- (3) Chemische analyses pesticiden-sporen



# Bert Bolin (1925-2007)

- Zweeds meteoroloog
- 1950 naar v Neumann in Princeton, computer-modellen
- 1961 prof. Stockholm
- Start internationale cooperatie climate research en atmospheric sciences
- Carbon cycle; en ook zure regen
- 1967 start Global Atmospheric Research Programme, voorloper van IPCC (1988). Bolin steeds voorzitter
- 1972 eerste United Nations Conference on the Environment in Stockholm.



# Rachel Carson (1907-1964)

- Silent Spring, 1962
- Pesticiden problematiek
- Idee van voedselketens



# 1960s doorbraak van milieu-besef

- Maar aandacht voor luchtvervuiling was al veel ouder
  - (4-13 Sept. 1968) Unesco-Conferentie over de Biosfeer te Parijs. Zie: *Wereldwijde zorg over en voor de biosfeer. Verslag van de Neder-landse delegatie naar de Intergouvernementele Conferentie over de Wetenschappelijke Basis voor Rationeel Gebruik en Bescherming der Hulpbronnen der Biosfeer*
  - **‘The Biosphere’, *Scientific American*, September 1970**
- > Industrie: (a) praktische verbeteringen + (2) voortdurend alles tegenwerken, tot jaren 80-90 (‘merchants of doubt’).

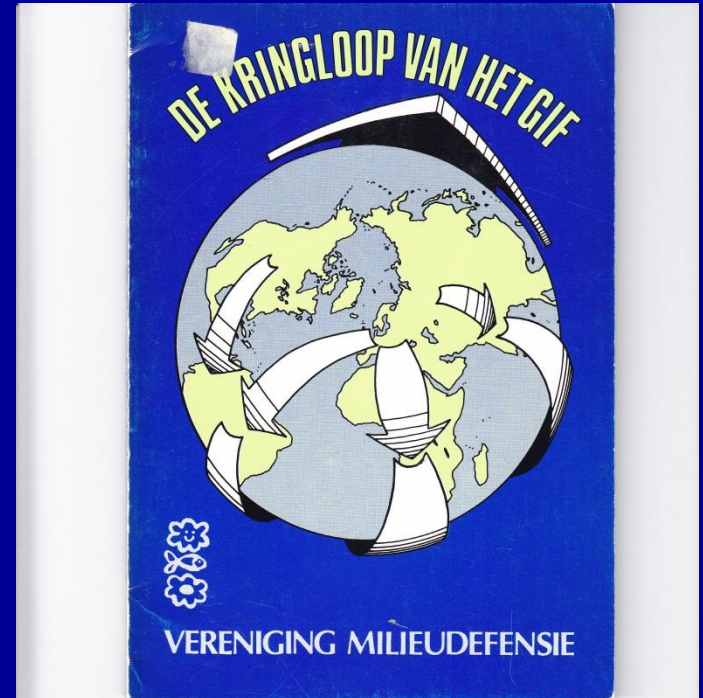
# 'The Biosphere' (1970)

- The Biosphere (Hutchinson)
  - Energy Cycle (Oort + Woodwell)
  - Water Cycle (Penman)
  - Oxygen Cycle (Cloud + Gibor)
  - Carbon Cycle (Bolin)
  - Nitrogen Cycle (Delwiche)
  - Mineral Cycles (Deevey)
  - Human food + energy + materials production
- > vgl. Johnston 1853



# Verbreiding kringloopdenken

- Boekje uit 1983
- Vertaling van 'The Circle of Poison'
- Pesticiden, o.a. afzet in Derde Wereld
- Jaren 80: RIVM + elders landelijke balansstudies (Cl, Cd, P)



# Jaren 80

- Discussies over klimaat/ atmosfeer, en maatschappelijk afvalstromen raken gekoppeld
- 1987 Brundtland-rapport: duurzaamheid (Bolin betrokken)
- Duitsland: concept Chemie-Politik:
  - Sluiten van kringlopen
  - Aanpassen van behoeften
  - Reductie organische chloorverbindingen
- Nederland: RIVM 'Zorgen voor Morgen' + NMP's

# Nederland

- KNCV en VNCI erkennen belang duurzame ontwikkeling (1990). Maar implementatie langzaam
- Zeer geleidelijke overgang van denken in compartimenten (bodem,-water,-lucht) naar denken in termen van stoffen (en hun weg door de industriële en natuurlijke systemen)
- Concepten Duurzame- en Groene Chemie, vooral pas na 2000 gaat het harder.

# Conclusies

- Drie à vier duidelijke periodes te onderscheiden waarin kringloopdenken dominant was:
  - 1- (Al)chemie: organisch + technologisch
  - 2- Liebig: fysiologisch + elementenstromen. Hergebruik van afval en schaarse grondstoffen
  - 3- Chemische stoffen en elementen met negatieve effecten
- Als vak van omzettingen van materie leent chemie zich hier goed voor; maar steeds vanuit ander gezichtspunt