

Systemendenken zet scheikunde in context

Van polymeer tot planeet

Met de presentatie van de concept-examenprogramma's scheikunde groeit de behoefte aan concrete lesvoorbeelden waarin de verschillende domeinen met elkaar verbonden worden. In dit artikel verkennen we hoe de denkwijze systemendenken (Domein C) helpt om scheikundige concepten (Domein B) rond polymeren te koppelen aan een maatschappelijk vraagstuk (Domein D) over duurzaamheid.

In de NVOX-editie van mei 2025 beschreven Goedhart en Meindertsmas hoe de nieuwe concept-examenprogramma's voor scheikunde ruimte bieden voor duurzaam en betekenisvol onderwijs, met het domein *vraagstukken* als belangrijk aangrijpingspunt. Tegelijkertijd signaleren zij een spanningsveld: door tijdsdruk en de nadruk op het centraal examen dreigen maatschappelijke contexten naar de achtergrond te verdwijnen. Met didactisch richtlijnen en een concreet lesvoorbeeld laten wij zien hoe de *denkwijze* 'systemendenken' deze kloof kan overbruggen, zodat maatschappelijke vraagstukken geen extra toevoeging zijn, maar een integraal onderdeel van het scheikundeonderwijs. Daarnaast is het een uitgelezen kans om burgerschap te integreren, door leerlingen een standpunt in te laten nemen over een vraagstuk en de oplossingen die ontwikkeld worden.



LIEKE PIETERS is docent scheikunde aan het Panora Lyceum in Doetinchem en daarnaast werkzaam op de Universiteit Twente binnen het 4TU.Schools project. www.linkedin.com/in/lieke-pieters-7833a6215/



JOOST VAN VIJFEIJKEN is docent scheikunde aan het Montessori College in Eindhoven en doet daarnaast promotieonderzoek naar het integreren van Systemendenken op de Universiteit Utrecht. www.linkedin.com/in/joost-van-vijfeijken

Systemendenken

Maatschappelijke vraagstukken zoals plastic-gebruik, klimaatverandering of circulaire productie laten zich niet begrijpen vanuit één losstaand chemisch concept. Het zijn complexe systemen, waarin stoffen, processen, energie-, informatie- en geldstromen met elkaar samenhangen op verschillende schaalniveaus, van fabriek, stofkringloop tot planeet. Juist hier is systemendenken een krachtige denkwijze. Door uit te zoomen, is er ruimte om de context te begrijpen en jezelf af te vragen: Hoe duurzaam is bio-plastic? Op deze manier krijgt scheikunde meer betekenis voor de leerling.

Systemendenken is dus een manier van redeneren die helpt om complexe systemen te begrijpen en te doorgronden (Vijfeijken et al. 2026^a). Leerlingen kijken daarbij naar:

- de grens van een systeem, wat hoort erbij en wat niet,
- de onderdelen en hun interacties,
- de in- en output van stoffen, energie of informatie,
- de hiërarchie, van molecuul tot maatschappij,
- de dynamiek die de verandering in de tijd weergeeft,
- feedback of kringlopen die aanwezig zijn in het systeem,
- de urgentie: eigenschappen van het geheel die niet uit afzonderlijke onderdelen te verklaren zijn.

Taal en modelleren als sleutel

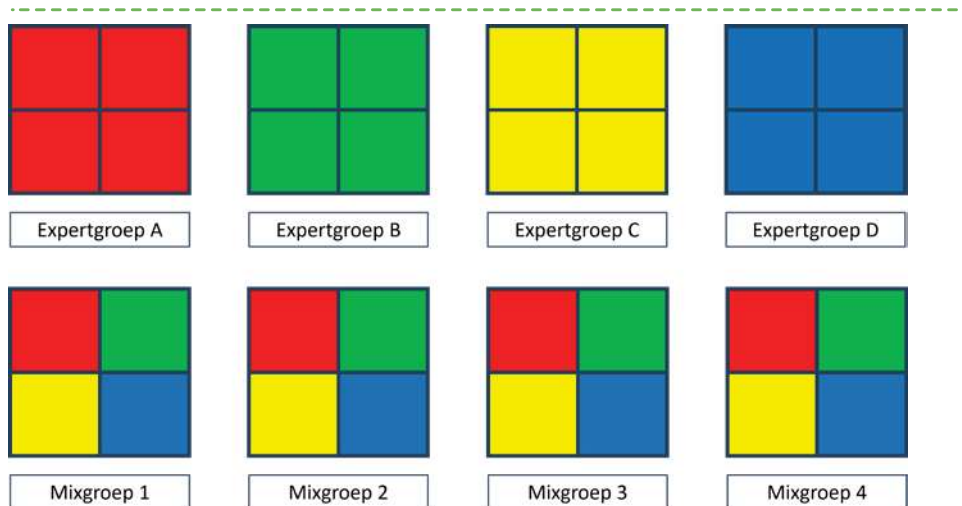
Uit ons onderzoek en onze praktijkervaring blijkt dat systemendenken niet vanzelf ontstaat. Leerlingen hebben hulp nodig om hun gedachten duidelijk te maken. Daarom gebruiken we in ons lesmateriaal twee dingen: systeemkarakteristieken en conceptueel modelleren.

De leerlingen denken eerst na over belangrijke kenmerken van een systeem, zoals de onderdelen, de interacties tussen die onderdelen en de dynamiek in het systeem. Daarna zetten zij dit in een visueel model, bijvoorbeeld een conceptmap (zie figuur 2 in kader). Hierdoor kunnen ze beter nieuwe verbanden zien. Ook kunnen zij uitleggen waarom bepaalde onderdelen wel of niet bij het systeem horen. Daarnaast leren zij nadenken over hoe bepaalde keuzes invloed hebben op andere delen van het systeem. Op deze manier zien ze dat een oplossing voor het ene probleem vaak ook weer voor nieuwe uitdagingen zorgt.

Vier didactische richtlijnen

Om systemendenken met de systeemkarakteristieken en het conceptueel modelleren te integreren in de les, geven we hier vier didactische richtlijnen, gebaseerd op van Vijfeijken et al (2026^b).

1. Maak leerlingen bekend met (soortgelijke) systemen en de systeemkarakteristieken.
2. Laat leerlingen nadenken over een com-



Figuur 1. De Jigsaw werkvorm

Een concreet voorbeeld uit het ontwikkelde materiaal is de les rondom de vraag: Is dat PLA-bekertje echt een milieuvriendelijke keuze, of vooral 'groene' schijn?

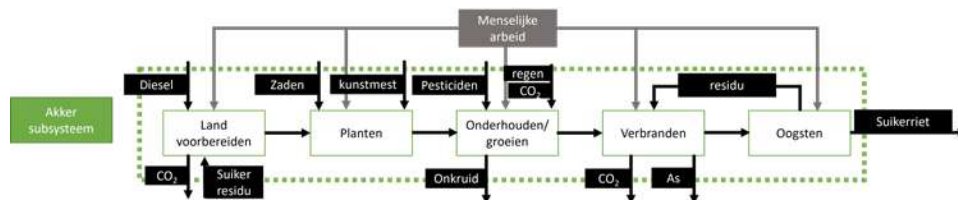
Leerlingen starten vanuit een herkenbare context: het gebruik van biologisch afbreekbare bekertjes op festivals. Vanuit daar met behulp van een Jigsaw werkvorm (zie figuur 1) kun je de klas laten werken aan verschillende deelsystemen binnen de levenscyclus van PLA (polymelkzuur):

1. verkrijgen van grondstoffen,
2. productie van het polymeer,
3. gebruik van het product,
4. verwerking na gebruik.

Elke expertgroep brengt zijn deelsysteem in kaart aan de hand van (uitgedeelde) bronnen, systeemkarakteristieken en modelleert dit visueel. Een voorbeeld hiervan zie je in figuur 2. Vervolgens worden de modellen samengebracht tot één grotere keten door in elk nieuw groepje één expert per onderdeel te plaatsen. Zo ontstaat inzicht in:

- materiaal- en energiestromen,
- mogelijke milieueffecten,
- en afwegingen tussen verschillende duurzaamheidscriteria.

De les eindigt niet met één 'juist' antwoord, maar met een onderbouwd advies: waar in de keten zijn verbeteringen mogelijk, en welke rol kan chemisch onderzoek daarbij spelen?



Figuur 2. Een voorbeeldvisualisatie van een subsysteem van de levenscyclus van PLA

plex vraagstuk, met behulp van de relevante systeemkarakteristieken.

3. Laat leerlingen het systeem modelleren.
4. Laat leerlingen reflecteren op het gemodelleerde systeem.

Door leerlingen eerst kennis te laten maken met soortgelijke systemen, krijgen systeemkarakteristieken en modelleren betekenis. Dit helpt hen deze vaardigheden toe te passen

in een nieuwe situatie, zoals geïllustreerd in het lesvoorbeeld. Vervolgens kunnen ze met behulp van de relevante systeemkarakteristieken aan de slag gaan. Daarbij dienen de systeemkarakteristieken als hulpmiddel (hebben we hier al aan gedacht?). Door als docent vooraf te kiezen welke karakteristieken relevant zijn, kun je de leerlingen helpen ze effectief te gebruiken.

Tijdens het doorgronden van het vraagstuk kunnen leerlingen al beginnen met modelleren; begrip opbouwen en modelleren verlopen daarbij gelijktijdig. Zo stimuleer je leerlingen tijdens het modelleren zich af te vragen of er een interactie aanwezig is tussen twee onderdelen.

Reflectie volgt wanneer het model af is. Denk hierbij aan vragen als: Hoe verklaart het systeem het waargenomen fenomeen? Wat zouden mogelijke oplossingen zijn voor het probleem? Wat voor impact heeft dit idee op zijn omgeving? Daarnaast is het goed om leerlingen bij elkaar te laten kijken, zodat ze elkaars modellen kunnen aanvullen of bevragen.

Kansen en uitdagingen

Wij weten zelf goed dat de ruimte voor maatschappelijke vraagstukken in het curriculum beperkt is. Bovendien vraagt systeemdenken tijd, oefening en bewuste didactische keuzes. Uit de praktijk blijken met name emergentie, feedback en dynamiek lastige karakteristieken zijn voor leerlingen die oefening vereisen.

Tegelijkertijd biedt systeemdenken mogelijke voordelen:

- leerlingen ontwikkelen dieper begrip van chemische concepten,
- ze leren schakelen tussen micro-, meso- en macroniveau,
- ze ervaren scheikunde als relevant voor maatschappelijke besluitvorming.

Tot slot

Wij denken dat systeemdenken kan helpen om chemische *concepten* betekenisvol in te bedden in relatie met complexe *vraagstukken*. Om docenten nog meer te ondersteunen hebben we lesmateriaal en een hand-out ontwikkeld, met voorbeelden, tips en nog meer lesvoorbeelden. Hoewel systeemdenken erg goed bruikbaar is voor duurzaamheidsvraagstukken, kan het ook ingezet worden voor het doorgronden van complexe chemische fenomenen. Hiermee is het een denkwijze die (afhankelijk van het doel) in het gehele curriculum ingezet kan worden.

Het lesmateriaal is te vinden via: <https://tinyurl.com/LinkLesmateriaal> De bronnen bij dit artikel en de handout 'Van polymeer tot planeet' staan op de NVON-website bij dit artikel. ●