

Bouwen aan Scheikunde

Blauwdruk voor een aanzet tot vernieuwing
van het vak scheikunde
in de Tweede Fase van HAVO en VWO



De Verkennings commissie Scheikunde

Prof. Dr. G. van Koten
(voorzitter)

Prof. Dr. B. de Kruijff
(wnd. voorzitter)

Mw. drs. H. P. W. Driessen

Drs. A. Kerkstra

Dr. H. A. Meinema

Verantwoording

© 2002 SLO, Stichting Leerplanontwikkeling Enschede

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

In opdracht van het Ministerie van OC&W

Zoetermeer, 18 juni 2002

Vormgeving: ERNST bos, Enschede

Digitale druk: Pinksterprint bv, Enschede

Besteladres

SLO, specialisten in leerprocessen

Afdeling Verkoop

Postbus 2041

7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 305

verkoop@slo.nl

Bestelnummer: AN 4.744.8304

Inhoudsopgave

Samenvatting	pagina 4
Inleiding en werkwijze	pagina 4
Probleemanalyse	pagina 6
Maatschappelijk beeld van de chemie	pagina 6
Chemische industrie	pagina 7
Imago van het schoolvak scheikunde	pagina 8
Leerlingen	pagina 9
Docenten	pagina 10
Docentenopleiding	pagina 11
Scheikundeprogramma HAVO en VWO	pagina 12
Samenhang bèta-vakken	pagina 13
Schoolleiding en schoolorganisatie	pagina 14
Vakdidactiek en onderwijskundig onderzoek	pagina 15
Leerplanontwikkeling en educatieve uitgeverijen	pagina 16
Vervolgonderwijs: HBO en universiteit	pagina 17
Vak- en adviesorganisaties	pagina 18
Communicatie	pagina 18
Aanzetten tot vernieuwing	pagina 19
Conclusie	pagina 21
Bijlage	pagina 22
1 Verkenningcommissie Scheikunde	pagina 22
2 Overzicht deelnemers interviewsessies	pagina 23
3 Overzicht deelnemers toetsgroep	pagina 26
4 Chemie in Beeld	pagina 27

Samenvatting

De door OC&W ingestelde Verkenningcommissie Scheikunde heeft in tien interviewsessies met betrokken partijen de problematiek in het huidige scheikunde-onderwijs in kaart gebracht. Op grond hiervan komt zij tot de conclusie dat er een brede consensus bestaat over de noodzaak tot herziening van het huidige scheikundeprogramma op HAVO en VWO. Ook zijn aanzetten tot vernieuwing van het scheikunde-onderwijs in beeld gebracht.

Op grond van haar analyse is het advies van de Verkenningcommissie Scheikunde aan het Ministerie van OC&W om in september 2002 te komen tot installatie van een brede commissie 'Vernieuwing Scheikunde-onderwijs HAVO en VWO'. De opdracht voor de brede commissie zou kunnen zijn om in het voorjaar van 2003 een advies uit te brengen over de hoofdlijnen van de gewenste aard en inhoud van het vak scheikunde in HAVO en VWO vanaf de basisvorming.

Inleiding en werkwijze

Het ministerie van OC&W heeft een commissie de opdracht gegeven de problematiek rond het vak scheikunde te verkennen en in kaart te brengen, dit als voorbereiding op het werk van een brede commissie 'Vernieuwing Scheikunde-onderwijs HAVO en VWO'.

De Verkenningcommissie Scheikunde heeft zich bij haar taak laten bijstaan door vertegenwoordigers van belangrijke bij het scheikunde-onderwijs betrokken partijen. Op grond van de beeldvorming van de huidige problematiek geven zij richtingen aan voor de aanzet tot een vorm van scheikunde-onderwijs dat zich continu ontwikkelt. Dit om aan te kunnen blijven sluiten bij de snelle ontwikkeling van de chemie in maatschappij, wetenschap en bedrijf.

Essentieel is dat de probleemeigenaar, de 'BV Nederland', en voor haar het ministerie van OC&W onderkent hoe urgent de problematiek is rond het schoolvak scheikunde. Het is noodzakelijk dat het ministerie in het vervolgtraject actief ondersteuning biedt aan het proces van zoeken naar een bij de eisen van deze tijd passende aard en inhoud van het schoolvak scheikunde.

De Verkenningcommissie Scheikunde heeft in tien interviewsessies gesproken met een groot aantal direct dan wel indirect bij het scheikunde-onderwijs betrok-

ken personen. Belangrijk vond de commissie om reeds in deze fase ook een leerlingenpanel te bevragen naar hun visie op het vak scheikunde. Aan die gesprekken hebben o.a. deelgenomen:

- scheikunde-, natuurkunde- en ANW-docenten in HAVO en VWO en een technisch onderwijsassistent
- docenten van alpha- en gamma-vakken
- een leerlingenpanel van leerlingen uit klas 4 en 5 van HAVO en VWO en uit alle profielen
- vakdidactici en onderwijskundig onderzoekers
- auteurs van schoolboeken en educatief materiaal voor internet
- hoogleraren scheikunde en biochemie
- een opleidingsdirecteur van het Hoger Laboratorium Onderwijs
- docenten uit het HBO en WO
- aansluitingscoördinatoren VWO-WO en HAVO-HBO
- chemici uit de chemische industrie
- educatieve beleidsmedewerkers van de chemische industrie
- leden/vertegenwoordigers van AOB, CEVO, KNAW, KNCV, NVON en VNCI.

Zie bijlage 2 voor een overzicht van alle deelnemers aan de gesprekken.

Op basis van deze interviews is de problematiek van het huidige scheikunde-onderwijs in kaart gebracht. Uit de gesprekken is duidelijk naar voren gekomen in welke

richtingen de vernieuwing van het scheikunde-onderwijs tot stand kan worden gebracht.

De conceptblauwdruk 'Bouwen aan Scheikunde' is voorgelegd aan een toetsgroep samengesteld uit personen die niet aan de eerdere gespreksronden hebben deelgenomen. Zie bijlage 3 voor een overzicht van de deelnemers aan de toetsgroep. Ook hun reacties zijn opgenomen in deze notitie.

Een brede commissie 'Vernieuwing Scheikunde-onderwijs HAVO en VWO' zal op basis van de blauwdruk en in samenwerking met alle daarbij betrokken partijen een proces op gang moeten brengen dat leidt tot een continue vakinhoudelijke vernieuwing van het scheikunde-onderwijs vanaf de basisvorming.

Het beeld van de chemie bij het Nederlandse publiek is negatief.

Het grote belang van de chemische industrie voor de Nederlandse economie is niet zichtbaar.



Geld! Daar draait het om bij chemie

Probleemanalyse

Maatschappelijk beeld van de chemie

De beeldvorming van de chemie in Nederland is overwegend negatief. Chemie wordt in de maatschappij vooral geassocieerd met stank, ongelukken en vervuiling. Dat zonder chemie de huidige welvaart en gezondheid niet kan bestaan, noch in de toekomst behouden kan blijven, is vrijwel onbekend. De industrie die van chemie en chemische processen gebruik maakt stelt zich defensief op en durft haar positieve maatschappelijke rol onvoldoende duidelijk te maken. Dit is opmerkelijk gezien de huidige en toekomstige vraag naar chemisch opgeleid personeel, gesteld tegenover de sterk dalende instroom in chemische opleidingen.

Een fundamentele discussie over het belang van scheikunde voor onze maatschappij is in de media onzichtbaar. Onze moderne maatschappij is in al zijn facetten doordrongen van chemie, van producten uit op olie gebaseerde procesindustrie tot nieuwe biotechnologie in opkomende bedrijven. Het essentiële belang van de chemische industrie voor de huidige en toekomstige Nederlandse economie wordt onvoldoende geëtaleerd.

Leerling: Een chemicus is iemand die in een witte jas op een laboratorium werkt of leraar wordt.
Als je iets voor mensen wil doen kies je geen scheikunde. Genomics, wat is dat?

Chemische industrie

De chemische industrie is voor leerlingen én docenten onvoldoende zichtbaar. Daardoor draagt de beroepssector te weinig bij aan een positieve beeldvorming van de chemie. Berichten in de media over het afstoten van bedrijfsdelen en export van Research & Development-afdelingen hebben een langdurig, fnuikend en negatief effect. Dit staat haaks op de enorme wetenschappelijke en technische vernieuwing die zich voortdurend in de chemische industrie voltrekt. Helaas is het een hardnekkig maatschappelijk beeld dat de chemische beroepssector een onbetrouwbare partner is voor een carrière met een uitdagend toekomstperspectief.

Bedrijven tonen incidenteel en onvoldoende structureel belangstelling voor docenten en leerlingen die willen kennismaken met de chemie als beroepssector. Informatieve internetsites specifiek gericht op scholieren ontbreken. Het is voor de industrie veelal lastig om in contact te komen met docenten die met hun leerlingen buitenschoolse activiteiten willen uitvoeren. Aangespoord door een zorgwekkende afname in het aantal studenten in natuurwetenschappen en techniek aan HBO 's en Universiteiten tekent zich een kentering af in de betrokkenheid van de chemische industrie bij de toekomst van het vak scheikunde in het voortgezet onderwijs.

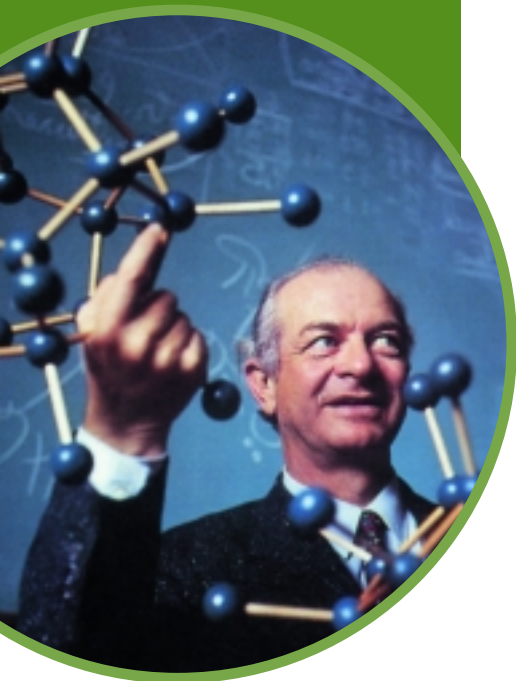
De chemische industrie maakt zich zorgen om de toekomst van het scheikunde-onderwijs.



Een modern lab? Een enge man in een afgesloten ruimte?

Leerling: We willen graag een chemisch bedrijf bezoeken maar het lukt niet om ergens binnen te komen.

Er is een kloof tussen het beeld dat de schoolscheikunde presenteert van de moderne chemie en de huidige stand van het vakgebied in wetenschap en bedrijfsleven.



Onbegrijpelijke scheikunde uit de derde klas?

Imago van het schoolvak scheikunde

De profielen Natuur& Gezondheid en Natuur&Techniek staan steeds minder in de belangstelling van de leerlingen. Ook manifesteert zich een drastische daling van het aantal studenten voor universitaire studies in de chemie, hoger laboratoriumonderwijs en andere aan de chemie gerelateerde opleidingen. Kennelijk wordt in het schoolvak scheikunde de essentiële rol van chemische processen en producten in onze huidige maatschappij niet zodanig belicht dat leerlingen daardoor geboeid raken. Ook blijven bijvoorbeeld recente ontwikkelingen in vele biologische processen, die tot op moleculair niveau bekend worden, bij leerlingen onbekend.

Het schoolvak scheikunde speelt zich te veel af binnen de muren van de klas. Leerlingen vinden het huidige programma te moeilijk, te abstract, te vol losse feiten, teveel gegoochel met formules en onsamenhangend. Ze zien geen relatie met de andere natuurwetenschappelijke vakken en nog minder verband tussen wat ze op school over scheikunde leren en de scheikundige werkelijkheid van de wereld om hen heen. Ook biedt het schoolvak hen geen beeld van de carrièreperspectieven in of buiten de chemische beroepssector na een vervolgstudie waarvoor scheikundekennis nodig is.

Leerling: Van hogere klassen hoor je de rampverhalen over scheikunde: moeilijk en veel. Je vraagt je af of je het wel redt als je een N-profiel kiest.

Leerlingen

De brugklasser komt het HAVO of VWO binnen met een levendige interesse in natuurwetenschappen. Deze nieuwsgierigheid dooft echter bij een groot deel van de leerlingen in de leerjaren voor de Tweede Fase. Deels is dit het gevolg van het lesprogramma. Wiskunde wordt al gauw te moeilijk geacht en vormt als zodanig een struikelblok voor het kiezen van een N-profiel. Leerlingen hebben onvoldoende idee wat het schoolvak scheikunde met hun dagelijkse wereld te maken heeft.

Bij de overgang van klas 3 naar de Tweede Fase ervaren leerlingen een groot verschil tussen de lesprogramma's scheikunde. In klas 4 lijkt en blijkt scheikunde ineens een heel ander vak. Hiermee heeft het overgrote deel van de leerlingen in de beginfase veel moeite. Leerlingen haken dan af of laten zich al bij voorbaat afschrikken. Ook de leerlingen die een N-profiel kozen zien scheikunde zelden als een uitdaging of een inspirerend vakgebied met uitzicht op een aantrekkelijke carrière. Dit negatieve beeld rond het vak wordt nog versterkt door de in deze leeftijdscategorie sterke onderlinge sociale beïnvloeding.

Leuk, vuur!

Leerlingen verliezen in het voortgezet onderwijs hun interesse in en nieuwsgierigheid naar natuurwetenschappen.

Het schoolvak scheikunde kan leerlingen niet inspireren en intrinsiek motiveren.

Er is een grote kloof tussen scheikunde in de derde klas en de Tweede Fase.



Leerling: Maak één vak scheikunde van de derde klas tot en met het eindexamen en maak scheikunde en natuurkunde in de onderbouw aan elkaar gelijk.

Sinds de invoering van de Tweede Fase is de taakbelasting van docenten sterk toegenomen.

Docenten zijn moe van de veranderingen in het onderwijs.

Vakinhoudelijke bijscholing schiet erbij in.



Kapperschemie slaat aan, maar niet bij iedereen

Docenten

Scheikundedocenten voelen zich sinds de invoering van de Tweede Fase nog verder gevangen in de eisen van het eindexamenprogramma. Hun lessen worden sterk gedicteerd door de schoolboeken. Er blijft geen ruimte over voor een eigen professionele inbreng, zowel qua vakinhoud als qua lestijd die naar eigen inzicht te besteden is. Geconstateerd werd dat docenten deze vrijheid ook niet durven nemen en delen van het programma niet los durven laten.

De invoering van de Tweede Fase heeft tot gevolg dat een scheikundedocent meer klassen en dus meer leerlingen heeft bij een gelijke aanstellingsomvang. Door gebrek aan tijd schiet communicatie met collega's, lerarenopleiders en vervolgoopleidingen er bij in. Voor vakinhoudelijke bijscholing is in de normjaartaak van docenten tijd hiervoor opgenomen. Door overbelasting en gebrek aan flexibiliteit in het lesrooster krijgt de vakinhoudelijke bijscholing te weinig aandacht. Daardoor blijven docenten onvoldoende op de hoogte van actuele ontwikkelingen in de chemie en daarmee verbonden toegepaste wetenschappen. Dit heeft een sterk remmende uitwerking op de mogelijkheden tot een continue vernieuwing van het scheikunde-onderwijs.

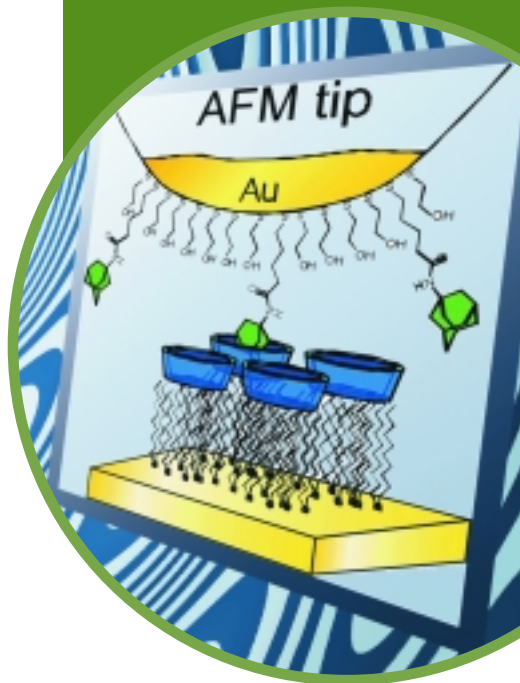
Gebleken is dat individuele docenten zeker in staat te zijn om een nieuwe richting in te slaan. Veelal op eigen initiatief en met veel inzet geven zij inhoud aan vernieuwing van het vak en hun onderwijs. Deze docenten zullen in het gewenste vernieuwingsproces als bakens kunnen gaan fungeren.

Leerling: Het is niet fijn als je ziet dat een docent het altijd druk heeft, dat maakt het vak ook minder leuk.

Docentenopleiding

De huidige docentenopleiding is van onvoldoende academisch niveau. Het is niet zichtbaar waar vernieuwing in de lerarenopleiding geïnitieerd is. Van onderwijskundige nascholing is onvoldoende sprake. De verwachte rol van universiteiten in deze is niet waargenomen.

De docentenopleiding is een brandend probleem.



De gouden tip: Word lid van de KNCV en lees het Chemisch2Weekblad!

Leerling: Het ligt aan de leraar of je het vak leuk vindt of niet.

De exameneisen voor scheikunde zijn een knellend keurslijf.

Practica en eigen onderzoek krijgen onvoldoende aandacht.

Het programma maakt buitenschoolse activiteiten onmogelijk.



Onderzoek als onderdeel van de Internationale Chemie Olympiade

Scheikundeprogramma HAVO en VWO

Het examenprogramma voor het vak scheikunde in HAVO en VWO is sinds de jaren zeventig nauwelijks vernieuwd. Het sluit daardoor niet aan bij de huidige chemie en de veranderde betekenis van dit vakgebied in de maatschappij. In het overzichtscurriculum komt de chemie van eind 19e eeuw en de eerste helft van de 20e eeuw uitgebreid aan bod. Aan moderne ontwikkelingen met name in de biochemie en materiaalkunde en de bijbehorende technologie wordt geen aandacht besteed.

Het examenprogramma is te beperkend en biedt docenten en leerlingen onvoldoende mogelijkheden om keuzes te maken. Het geringe aantal contact-uren en financiële middelen bieden te weinig mogelijkheden voor de experimentele kant van de chemie, het voor docenten en leerlingen meest aansprekende deel van het scheikunde-onderwijs. De specifieke bijdrage van technisch onderwijs-assistenten aan practica en eigen onderzoek in het studiehuis krijgt onvoldoende aandacht. Voor buitenschoolse activiteiten, zoals een oriënterend bezoek aan een universiteit of HBO, een laboratorium of bedrijf ontbreekt veelal de tijd.

Als een apart probleem is geconstateerd dat het HAVO-programma teveel een aftreksel is van het VWO-programma en daardoor als te zwaar wordt ervaren door de HAVO-leerling. Daarmee doet het geen recht aan de eigen kwaliteiten van de HAVO-leerlingen. Alle gesignaleerde knelpunten in het programma komen bij HAVO het sterkst naar voren.

Leerling: Bij havo heb je losse onderwerpen die raar door elkaar heen staan. Het is allemaal zo oppervlakkig dat je het net niet snapt.

Samenhang bèta-vakken

De huidige ontwikkelingen in de natuurwetenschappen en daaruit voortkomende technologische en medische toepassingen berusten op een sterke integratie van de exacte vakken wiskunde, natuurkunde, scheikunde en biologie. Het is in dit verband opmerkelijk dat binnen het HAVO- en VWO-onderwijs, ook in het studiehuis, aanzetten tot meer samenhang tussen bèta-vakken als vernieuwende activiteit niet of nauwelijks heeft plaats gevonden.

Wiskunde-B1 in het profiel N&G wordt door veel leerlingen te moeilijk gevonden en belemmert hun keuze voor dit profiel. In de schoolpraktijk blijkt het lastig tot een verdere integratie van de bèta-vakken te komen. Het eindexamenprogramma is hierbij een blokkerende factor. Ook blijkt dat docenten zich het beste thuis voelen in hun eigen territorium en nog te weinig samen werken. Tijd voor structureel overleg met collega's van andere vakken ontbreekt.

Leerlingen zijn niet in staat zich zelfstandig een samenhangend beeld van de natuurwetenschappelijke vakken te vormen. Ze merken wel op dat er een duidelijke relatie is tussen scheikunde en biologie, terwijl zij natuurkunde meer aan wiskunde gerelateerd zien. Het aanpakken van één centraal thema vanuit meerdere vakken in de vorm van projectonderwijs spreekt leerlingen aan. Tevens vormt dit aanleiding tot overleg tussen docenten van verschillende vakken.

Het onderwijs in de bèta-vakken is niet op elkaar afgestemd.

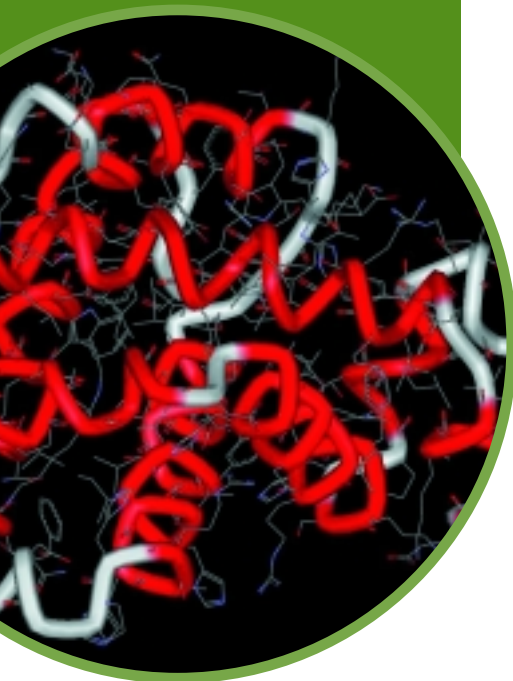
Docenten in bèta-vakken overleggen niet structureel met elkaar.



EXO of profielwerkstuk, succesnummer voor leerling én docent bij alle bèta-vakken

Leerling: Over broeikaseffect hebben we het al bij zes vakken gehad. Het wordt overal voor waar gepresenteerd, terwijl de wetenschap nog lang niet weet hoe het precies zit.

De schoolleiding geeft docenten onvoldoende ruimte voor vakinhoudelijke bijscholing en rekent hen daar niet op af.



Moleculen bekijken met de computer

Schoolleiding en schoolorganisatie

De schoolleiding bepaalt het lesrooster en de overige randvoorwaarden voor meer samenhang tussen de bètavakken. Deze bieden zelden structureel ruimte voor afstemming tussen vakken en voor inter- en intraschoolse uitwisseling tussen docenten. Het jaarprogramma wordt zodanig gepland dat docenten nauwelijks deel kunnen nemen aan activiteiten buiten school, zoals het onderhouden van contacten met industrie en universiteit en het volgen van vakspecifieke cursussen.

Alle scholen hebben een nascholingsbudget maar dit wordt lang niet altijd gebruikt voor adequate nascholing op het vakgebied. De docenten worden niet aangesproken, laat staan afgerekend, op het op peil houden en vernieuwen van hun vakkennis. Ook wordt onvoldoende inhoud gegeven aan managementinstrumenten zoals functioneringsgesprekken en coaching.

De schoolleiding ondersteunt leraren onvoldoende bij het ontwikkelen van een loopbaanperspectief en stimuleert hen niet tot verdere ontplooiing in en buiten school. Een punt van zorg zijn de voor de practica beschikbare voorzieningen en budgetten.

Docent: Overleggen met natuurkunde? We hebben de schoolleiding gevraagd om volgend jaar een vast overleguur per week te plannen. Kan niet met de roosters.

Vakdidactiek en onderwijskundig onderzoek

Vakdidactici en onderwijskundig onderzoekers hebben onvoldoende ingespeeld op de problemen in het huidige scheikunde-onderwijs. Hun blikveld richt zich op het vak scheikunde en niet op de docenten en hun leerlingen. Er is interessant onderwijskundig onderzoek maar het sluit niet aan bij de veranderde wijze van leren en het meer visueel en conceptueel denken van de huidige generatie leerlingen. Er bestaat een grote kloof tussen vakdidactische theorie en de praktijk in het klaslokaal. Scheikundedocenten missen adequate onderwijskundige ondersteuning en functioneren daarom teveel op basis van eigen kennis, inzicht en ervaring.

Wisselwerking van vakdidactiek en onderwijskundig onderzoek met de praktijk ontbreekt.

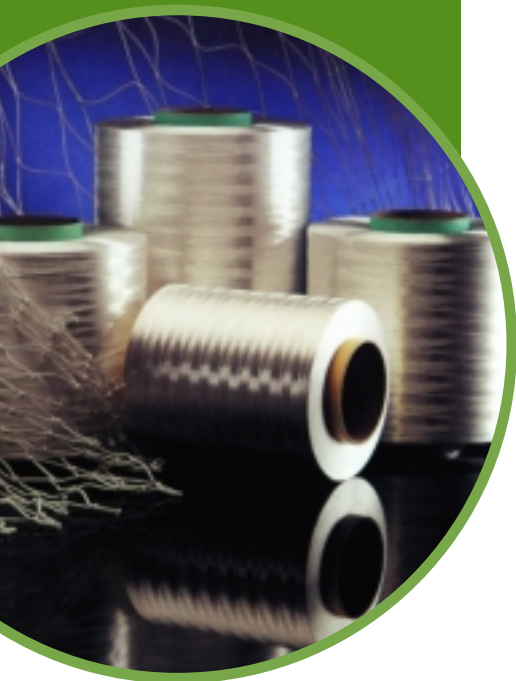


Wat ziet het oog van de onderzoeker?

Docent: Ze komen ons eerst vragen hoe we het doen. Dat schrijven ze op en daar maken ze een boek van. Daarna krijgen we bijscholing en komen ze ons vertellen hoe wij het moeten doen.

Het schoolboek en niet de docent is het meest bepalend in het scheikunde-onderwijs.

De wisselwerking tussen schoolboeken en onderwijskundige vernieuwing is onvoldoende.



Lijkt me saai onderzoek!

Leerplanontwikkeling en educatieve uitgeverijen

Het scheikunde-onderwijs wordt sterk gedicteerd door de schoolboeken. Daarin worden de eindtermen van het examenprogramma extensief in leerstof uitgewerkt en zelden op een vernieuwende manier. Docenten zijn methodetrouw en durven niet te schrappen.

Deze wijze van onderwijs geven biedt weinig ruimte voor actualiteit en belemmert het inspelen op vernieuwingen, projecten en moderne ICT-ontwikkelingen. Veranderingen in schoolboeken vergen een tijdsbestek van jaren, waardoor vernieuwingen in het leerplan en een vakgebied zoals de scheikunde sterk vertraagd doordruppelen in de klaspraktijk.

Leerling: De overstap van de derde naar de vierde is moeilijk als je verschillende boeken hebt. Nu gaat het beter want ook in de tweede en derde is er hetzelfde soort boek voor natuurkunde en scheikunde.

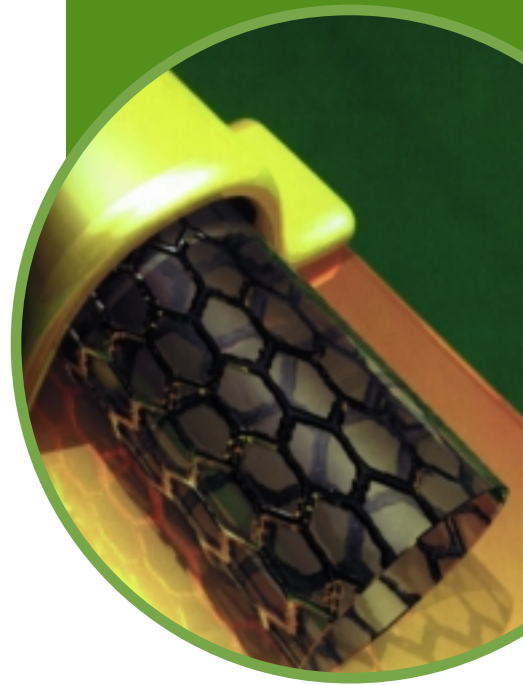
Vervolgonderwijs: HBO en universiteit

Het aantal eerstejaars studenten voor natuurwetenschappelijke studies loopt drastisch terug. Daardoor groeit bij het HBO en de Universiteiten de belangstelling voor HAVO- en VWO-leerlingen. Op regionaal niveau zijn goed functionerende netwerken tussen scholen en universiteiten opgebouwd. Het ontbreekt echter aan enige coördinatie van de wervende activiteiten.

Docenten op HBO's en universiteiten hebben veelal nauwelijks kennis van het huidige scheikundeprogramma op HAVO en VWO. Hierover vindt onvoldoende communicatie plaats. Het scheikundeprogramma op HAVO en VWO wordt niet primair gezien als vooropleiding voor HBO of universiteit, mits leerlingen hebben geleerd om exact en analytisch te denken en verbanden kunnen leggen vanuit brede vakgebieden. Dat is belangrijker dan specifieke scheikundige feitenkennis. Zij vinden dat leerlingen die voor een vervolgstudie scheikunde kiezen met cursussen op maat binnen HBO of universiteit de ontbrekende feitenkennis snel bij kunnen spijkeren.

Studenten kiezen toenemend voor brede natuurwetenschappelijke programma's. Bij het verlaten van HAVO of VWO zouden alle leerlingen een goed beeld moeten hebben van de essentiële plaats die scheikunde in de maatschappij inneemt.

Voor aansluiting tussen HAVO of VWO en de vervolgopleidingen is vaardigheid in analytisch denken en verbanden kunnen leggen belangrijk.



Nanobuizen, de chips van de toekomst

Leerling: In de derde klas weet je nog niet wat je later wil worden en welke vakken je nodig hebt. Toch moet je dan een profiel kiezen.

Publieksinformatie over chemie heeft te weinig aandacht.



Cool! Chemie in context

Vak- en adviesorganisaties

Vak- en adviesorganisaties signaleren al geruime tijd dat er een grote noodzaak is tot het actualiseren van het scheikunde-onderwijs. De huidige beeldvorming van de chemie in het voortgezet onderwijs baart zorgen. De Nederlandse Vereniging van Onderwijs in de Natuurwetenschappen (NVON), de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI), de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV) en de Koninklijke Nederlandse Academie voor Wetenschappen (KNAW) tonen zich actief betrokken bij de vernieuwing van het scheikunde-onderwijs in HAVO en VWO.

Communicatie

Het is opmerkelijk dat de media weinig bijdragen aan beeldvorming in de chemie. Zowel bedrijfsleven als HBO's en universiteiten maken onvoldoende gebruik van de media om de maatschappelijke rol van natuurwetenschappen en techniek en in het bijzonder de chemie zichtbaar te maken.

Docent: Als je iets leest over chemie staat het boordevol chemische feiten. Dat komt echt niet over bij jonge mensen, die willen emotie.

Aanzetten tot vernieuwing

De ontwikkelingen in de huidige natuurwetenschap en techniek voltrekken zich in een duizelingwekkend tempo. Ten aanzien van de maatschappelijke waardering voor bèta-wetenschappen is er in de laatste decennia echter sprake van een cultuuromslag.

Er is in de huidige maatschappij een grote behoefte aan mensen met kennis en begrip van natuurwetenschappen en techniek. Dat is niet in overeenstemming met de toestroom naar opleidingen in die sector. De belangstelling voor scheikunde als studievak loopt sterk terug. Kennelijk is maatschappelijk onvoldoende zichtbaar welke substantiële en allesdoordringende rol de chemie speelt in onze economie, ons dagelijks leven en voor ons welzijn. Voor de toekomst van 'BV Nederland' is het van essentieel belang dat veel meer jonge mensen gaan kiezen voor een studie en/of beroep in de natuurwetenschappen of techniek. Minstens zo belangrijk is het dat al diegenen die kiezen voor andere sectoren in hun beroep en als burger een juist beeld hebben van de functie en het belang van de bèta-wetenschappen voor economie en samenleving.

Het scheikunde-onderwijs moet zich gaan ontwikkelen tot een vakgebied dat beoogt om alle leerlingen aan te spreken. De basis daarvoor zal in de basisvorming en zo mogelijk al in het primair onderwijs moeten

worden gelegd. Het nieuwe scheikunde-programma dient aan te sluiten op de basisvorming en voor alle leerlingen te beginnen in klas 3 van HAVO en VWO. Voor HAVO zal van meet af aan een ander scheikundeprogramma moeten worden ontwikkeld dan voor VWO. Dit om recht te kunnen doen aan de eigen kwaliteiten van leerlingen in beide onderwijsrichtingen.

De nadruk op het vergaren van chemische feitenkennis zal verder moeten worden verlegd naar het verwerven van inzicht en vaardigheden. Dit geldt niet alleen voor het scheikunde-onderwijs maar dient in samenhang plaats te vinden met veranderingen in de andere bèta-onderwijsprogramma's in het voortgezet onderwijs en de vervolgopleidingen. Het moderne bèta-onderwijs dient zich in de richting van een verdere afstemming en integratie te ontwikkelen.

Voor het goed ontwikkelen van het scheikunde-onderwijs dienen de docenten veranderingsbekwaam te zijn. Cruciaal is dat ze zich als docent en als vakdeskundige kunnen blijven ontwikkelen en vernieuwen, waardoor ze geïnspireerd en met elan hun onderwijs meer zelf vorm kunnen geven. Daardoor zullen ze in staat zijn om recente ontwikkelingen in de chemie te vertalen naar de lessen. Scheikundedocenten dienen de ruimte te krijgen naar eigen inzicht inhoud te geven

aan vernieuwing. Hiermee navigeert het scheikunde-onderwijs in de richting van een continue vernieuwing waardoor het kan blijven aansluiten bij de voortdurende ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek. Dit vraagt om een lange termijnstrategie die door de politiek en de maatschappij dient te worden ondersteund.

Het scheikunde-onderwijs zal zich moeten bevrijden van het huidige keurslijf van het eindexamenprogramma. Het examenprogramma zal zich moeten richten op kernzaken. De vrij komende ruimte zal dan beschikbaar komen voor nieuwe initiatieven, zowel binnen de scholen als in samenwerking met en afgestemd op andere betrokkenen met name HBO's, universiteiten en de industrie. Dit zal een lange termijnproces van continue ontwikkeling en vernieuwing in gang zetten, op weg naar creatief scheikunde-onderwijs dat open staat naar andere disciplines.

Voor het doen slagen van het vernieuwingsproces wordt een groot beroep gedaan op de creativiteit en de professionaliteit van de scheikundedocent. Dit vraagt om ruimte voor huidige docenten voor meer eigen verantwoordelijkheid in programma-opbouw en urenindeling en om faciliteiten voor vakinhoudelijke bijscholing. Ook de opleiding van nieuwe scheikundedocenten zal op deze ontwikkelingen moeten worden afgestemd.

Het hele proces staat of valt met een continue evaluatie waardoor een voortdurende bijstelling van onderwijsdoelen mogelijk wordt. Daarvoor zullen nieuwe monitorings-, toetsings- en evaluatie-instrumenten moeten worden ontwikkeld. Het betreft monitoring, toetsing en evaluatie van het gehele proces, dat van leerlingen, docenten én schoolorganisaties.

Het is niet nodig dat op alle scholen hetzelfde programma scheikunde wordt aangeboden. Waar docenten gesteund worden kan vernieuwing snel beginnen. Het Ministerie van OC&W, schoolleiding en exameninstellingen zullen actie moeten ondernemen en de nodige onderwijskundige, organisatorische en financiële ruimte daarvoor moeten scheppen.

Vakdidactici zullen dit proces moeten ondersteunen. Zij dienen een actieve bijdrage te leveren aan een vernieuwingsproces om het scheikundeprogramma daadwerkelijk aan te laten sluiten bij de belevingswereld van jonge mensen. Ook leerplanontwikkelaars en educatieve uitgeverijen zullen zich hiertoe aangesproken moeten kunnen voelen. ICT, visualisatie, simulatie- en modelleringsprogramma's zullen een proces van voortdurende vernieuwing tot gevolg hebben.

De interactie tussen HAVO/HBO en VWO/WO dient te worden geïntensiveerd.

Dit om leerlingen de gelegenheid te bieden het schoolvak scheikunde te plaatsen in een breder toekomstperspectief.

Universiteiten, HBO's en de chemische industrie zullen op hun verantwoordelijkheid moeten worden en blijven aangesproken. Speciaal voor leerlingen ontwikkelde internetsites over wetenschap en bedrijf zouden hierin een belangrijke functie kunnen hebben. Er zijn reeds signalen dat dit duidelijk weerklank zal vinden. Ook de vakorganisaties zullen directer bij het vernieuwingsproces betrokken moeten blijven.

Communicatie vraagt om bijzondere aandacht van alle spelers in het chemische veld. Universiteiten, HBO's, bedrijven en vakverenigingen dienen er op te worden aangesproken om naast algemene publieksinformatie het onderwijs en specifiek op HAVO- en VWO-leerlingen gerichte informatie te verstrekken over de stand van zaken van de scheikunde in wetenschap en bedrijf.

De commissie vindt het van groot belang dat het onderwijs beter gaat aansluiten bij de belevingswereld en kwaliteiten van leerlingen. Vooral de versterking van het eigen vermogen en kunnen van leerlingen om zelf te leren ziet de commissie als een belangrijk doel van de onderwijsvernieuwing van het vak scheikunde.

Conclusie

Op grond van de probleemanalyse gebaseerd op de uitkomsten van tien intensieve interviewsessies met een grote groep vertegenwoordigers van bij het scheikunde-onderwijs betrokken geledingen komt de Verkenningcommissie Scheikunde tot de conclusie, dat er in brede kring consensus bestaat over de noodzaak te komen tot vernieuwing van de huidige HAVO- en VWO-programma's van het vak scheikunde. De nieuwe programma's dienen aan te sluiten op de basisvorming en voor alle leerlingen te starten in klas 3 van HAVO en VWO. Allen zijn het erover eens dat er naast een vernieuwd VWO-programma een apart programma voor HAVO moet komen, dat recht doet aan de eigen kwaliteiten van beide groepen leerlingen.

Op grond van haar analyse adviseert de Verkenningcommissie Scheikunde het Ministerie van OC&W om in september 2002 een brede commissie 'Vernieuwing Scheikunde-onderwijs HAVO en VWO' te installeren met de opdracht om in het voorjaar 2003 een uitgewerkt plan te presenteren, waarin hoofdlijnen zijn uitgezet voor aard en inhoud van nieuwe HAVO- en VWO-scheikundeprogramma's vanaf de basisvorming.

Deze commissie zal in meerdere werkgroepen met de betrokkenen in het veld overleg dienen te voeren en plannen dienen uit te werken. Het eindrapport zal een leidraad moeten zijn tot de aanzet van een continue vernieuwingsproces binnen het scheikunde-onderwijs in HAVO en VWO.

Bijlage 1 Verkenningcommissie Scheikunde

Prof. dr. G. van Koten, hoogleraar Organische Synthese Universiteit Utrecht. Doctoraal scheikunde en promotie aan UU. Was werkzaam bij TNO en hoogleraar Organometaalchemie aan UvA. Auteur van een zeer groot aantal wetenschappelijke publicaties en octrooien. Wetenschappelijk directeur van het Nederlands Instituut voor Onderzoek in Katalyse (NIOK). Voorzitter van de Academie Commissie voor de Chemie van de KNAW. Als Decaan aanzet gegeven tot vernieuwing van het onderwijs aan de Faculteit Scheikunde van de UU en de aansluiting met het VWO. Voorzitter van de Verkenningcommissie Scheikunde.

Prof. dr. B. de Kruijff, hoogleraar Moleculaire Biologie van Membranen Universiteit Utrecht. Doctoraal scheikunde en promotie aan UU. Internationaal onderzoek en onderwijs op het gebied van biologische membranen. Voorzitter van de Academie Commissie voor Biochemie en Biofysica van de KNAW. Actief betrokken bij het opzetten van gemeenschappelijk onderwijs van scheikunde en biologie aan de universiteit. Waarnemend voorzitter van de Verkenningcommissie Scheikunde.

Dr. H. A. Meinema, senior scientist Materiaalchemie TNO-TPD Eindhoven. Doctoraal scheikunde en promotie aan UU. Auteur van een groot aantal wetenschappelijke publicaties, octrooiaanvragen en onderzoeksrapporten voor overheidsinstellingen en industriële opdrachtgevers. Belangrijkste werkgebieden: organometaalchemie, katalyse, farmaceutica, milieueffecten en

materiaalchemie. Ambtelijk secretaris van de Verkenningcommissie Scheikunde.

Mw. drs. H. P. W. Driessen, leerplanontwikkelaar natuurwetenschappen Stichting Leerplan Ontwikkeling Enschede en docent ANW. Doctoraal scheikunde aan KUN, B-verpleegkunde in Wolfheze en Ortho-Agogisch Werk Mikoel in Nijmegen. Was werkzaam in voortgezet onderwijs, buitenschools leren, transculturele psychiatrie. Auteur van natuurwetenschappelijk educatief materiaal. Voorzitter van de sectie ANW van de NVON. Secretaris van de Verkenningcommissie Scheikunde.

Drs. A. Kerkstra, docent scheikunde en ANW aan de Interconfessionele Scholengemeenschap Het Westland te Naaldwijk. Doctoraal scheikunde aan de VU. Voorzitter van de HAVO / VWO Scheikundekring Den Haag van NVON. Auteur van lespakketten in samenwerking met Unilever Research en AKZO Nobel Chemicals. Was lid van ontwikkelgroepen voor scheikunde-projecten en prototypen van vernieuwend scheikunde-onderwijs. Lid van de Verkenningcommissie Scheikunde.

Bijlage 2 Overzicht deelnemers interviewsessies

Prof. dr. ir. H. van Bakkum, doctoraal scheikunde aan Technische Hogeschool Delft, hoogleraar en rector magnificus van Technische Hogeschool Delft, Hoofd Laboratorium voor Organische Chemie en Katalyse TUD. Lid KNAW, lid KIVI.

Prof. dr. H. J. C. Berendsen, hoogleraar fysische chemie aan Rijks Universiteit Groningen, wetenschappelijke activiteiten op het gebied van wetkunde, informatica, fysica, chemie, biochemie, moleculaire biologie en medische toepassingen. Lid KNAW.

Dr. E. P. G. van den Berg, doctoraal scheikunde en promotie aan Katholieke Universiteit Nijmegen, anorganische en vaste stof chemie. Docent scheikunde.

Mw. dr. S. F. Brouwer-Keij, chemicus, promotie Universiteit Leiden, MBA, beleidsmedewerker Onderzoek en Hoger Onderwijs VNCI, vice-voorzitter van de werkgroep Hoger Onderwijs van VNO-NCW.

Mw. drs. J. W. M. Buys, doctoraal Nederlands Taalbeheersing, docent Nederlands, decaan en auteur taalmethode. Oud-lid Onderwijsraad en bestuurslid VVO. Rector Sint-Janslyceum 's Hertogenbosch.

Drs. F. Coenders, doctoraal biochemie Katholieke Universiteit Nijmegen, docent scheikunde, natuurkunde en informatiekunde in Nederland en Mozambique. Lerarenopleider aan Universiteit van Swaziland en Universiteit Twente. Aansluitingscoördinator VVO-WO.

Mw. drs. M. Cornelisse, docente scheikunde en natuurkunde, vakdidactica scheikunde Katholieke Universiteit Nijmegen, pedagogisch medewerker Algemeen Pedagogisch Studiecentrum, lid vakontwikkelgroep natuur-, scheikunde en biologie in de Tweede Fase.

Prof. dr. K. van Dam, doctoraal en promotie biochemie UvA, hoogleraar moleculaire biologie en biochemie UvA, groot aantal wetenschappelijke publicaties. Initiator betagammapropedeuse UvA, lid Commissie Biochemie en Biofysica KNAW.

Ir. J. J. Dekker, doctoraal technische natuurkunde Technische Universiteit Delft, docent natuurkunde, voorzitter sectie natuurkunde NVON, lid CEVO-natuurkunde.

Drs. A. Deenik, doctoraal chemische technologie Technische Universiteit Delft, medewerker research en productontwikkeling Vredestein, docent natuurkunde en scheikunde aan MAVO, HAVO en VWO.

Drs. L. Donk, fysisch organisch chemicus, docent scheikunde, schoolleider en beleidsmedewerker voortgezet onderwijs bij VNCI, voorzitter a.i. sectie scheikunde NVON

Drs. W. T. G. Dresscher, doctoraal geschiedenis aan RUG, docent geschiedenis, maatschappijleer, informatica en economie, lid onderwijs-overlegorganen en commissies van OC&W, oud-voorzitter Nederlands Genootschap van Leraren, voorzitter Algemene Onderwijsbond

Dr. J. van Driel, doctoraal scheikunde en promotie chemiedidactiek aan Universiteit Utrecht, docent scheikunde, onderzoeker en universitair hoofddocent ICLON, Universiteit Leiden.

Drs. A. Duyndam, doctoraal scheikunde en promotie, wetenschapsjournalist, adjunct-hoofdredacteur Chemisch2Weekblad.

Mw. drs. K. Jansen-Ligthelm, doctoraal scheikunde Rijks Universiteit Leiden, docent scheikunde, lid ontwikkelgroep prototypen vernieuwend scheikunde-onderwijs.

J. W. Heisen, MD-B scheikunde aan Katholieke Universiteit Nijmegen, docent scheikunde, natuurkunde en ANW, ontwikkeldocent CITO.

Drs. E. J. Hendriks, doctoraal scheikunde aan Rijks Universiteit Utrecht, docent scheikunde, corrector, her- en bijscholingscoördinator scheikundedocenten. Rector RSG Wolfsbos Hoogeveen. Oud-voorzitter NVON, voorzitter CEVO vaksectie Nask 2 VMBO.

E. H. M. H. de Kleijn, kandidaat Katholieke Universiteit Nijmegen, docent scheikunde en natuurkunde, scheikunde vakdidacticus lerarenopleiding en schoolpracticumdocent, voorlichter scheikunde KUN, lid comité Nederlandse Chemie Olympiade.

Mw. S. Lipman, MBO Laboratorium Techniek, TOA, docent scheikunde, lid TOA-Commissie en ARBO-Commissie van NVON, eindredacteur TOA van NVOX.

Dr. J. A. S. Maas, doctoraal, promotie en wetenschappelijk medewerker organische chemie Rijks Universiteit Leiden, docent scheikunde, leerlingbegeleider, decaan, examinator staatsexamens, lid CEVO scheikunde, kringcoördinator scheikunde NVON.

Drs. A. Mast, doctoraal scheikunde en natuurkunde aan Universiteit van Amsterdam, docent scheikunde in diverse schooltypen, lerarenopleider en nascholer, studievoorlichter VU en UvA,

auteur experimenteel lesmateriaal, directeur communicatiecentrum scheikunde C3.

Ir. M. R. Meijer, chemische technologie Universiteit Twente, docent scheikunde en ANW, lid ontwikkelgroep opdrachtgestuurde modules vernieuwend onderwijs, lid consultatiegroep CEVO

D. Naafs, chemicus, master in educational management (M Ed M), docent natuur- en scheikunde, kringvertegenwoordiger NVON, corrector havo en vwo vanaf klas 3.

Drs. P. F. Noordervliet, fysisch chemicus, algemeen directeur en secretaris VNCI, lid Algemeen Bestuur VNO-NCW

Dr. ir. M. Peereboom, ingenieur en promotie scheikundige technologie aan Technische Universiteit Delft, onderzoeker en docent. Onderwijsdecaan en opleidingsdirecteur Scheikundige Technologie en Bioprocesstechnologie.

Prof. dr. A. Pilot, doctoraal scheikunde Universiteit Utrecht, promotie chemiedidactiek aan Universiteit Twente, directeur Onderwijskundig Centrum UT, hoogleraar didactiek IVLOS en Chemiedidactiek UU, onderzoeker curriculumontwikkeling en ICT.

Mw. ir. W. T. Reinalda, chemie technologie Universiteit Twente. Docent scheikunde en ANW, oud-secretaris NVON, vakinhoudelijk medewerker scheikunde bij Stichting leerplanontwikkeling in projecten vernieuwend scheikunde-onderwijs.

J. Reumkes, MLO-laboratoriumtechniek, kandidaat technisch chemicus, post HTO-milieukunde, TOA en docent scheikunde, profielcoördinator N&G en N&T profiel HAVO.

Drs. W. G. J. Rietman, doctoraal chemie Vrije Universiteit Amsterdam, docent scheikunde, ANW en decaan, examiner staatsexamen, lid constructiegroep CITO, webmaster NVON-scheikunde, voorzitter Chemmic, lid bestuur Nederlandse Vereniging van Schooldecanen.

Prof. dr. R. A. van Santen, doctoraal en promotie aan Universiteit Leiden, onderzoeker bij Shell, hoogleraar anorganische chemie en rector magnificus Technische Universiteit Eindhoven, lid KNAW en Nederlands Forum voor Techniek en Wetenschap, voorzitter KNCV.

Mw. dr. ir. M. Scheffers-Sap, doctoraal en promotie organische chemie aan Technische Universiteit Eindhoven, docent scheikunde, erelid van sectie scheikunde-onderwijs van de KNCV, lid commissie scheikundeprojecten KNCV en auteur van educatief materiaal over actuele chemie.

Dr. ir. I. P. Thonus, chemicus, secretaris/directeur KNCV-bureau.

Ing. A. H. Vogel, MLO en HLO laboratoriumonderwijs en Pedagogisch Technische Hogeschool. Docent en coördinator Voedingsmiddelen-technologie Hogeschool INHOLLAND/Delft.

Drs. H. J. A de Vries, doctoraal organische chemie Rijks Universiteit Leiden, docent algemene en organische chemie Hogeschool Rotterdam, stage- en afstudeercoördinator Organische Chemie, auteur aansluitingsrapport VO-HLO&CT bij invoering Tweede Fase.

Drs. J. Wagemakers, doctoraal psychologie KUN, directeur onderzoeksinstituut wetenschappelijk onderwijs KUN, oud-rector, lid stuurgroep profiel Tweede Fase, procesmanager PMVO, Tweede Fase-Adviespunt, herziening examenprogramma's.

Montessori Lyceum Herman Jordan, Zeist

Docenten

J. de Kort, docent economie en m&to

Mw. I. Weijers, docent geschiedenis

Mw. I. Goudena, doctoraal Frans, algemene taalwetenschap, docent Frans en Spaans.

Mw. K. Laarveld, docent Nederlands

Mw. T. Gasper, jeugdwelzijnswerk en docentenopleiding in Duitsland, docent Duits

Mw. S. Helfferich, doctoraal fysische geografie, docent aardrijkskunde en vakoverstijgende schoolprojecten

R. Young, docent economie, MPD en wiskunde

Leerlingen

Stephanie Eger, 5VWO profiel E&M en keuzevak Duits 2 en KCV

Debby Fick, 4HAVO profiel N&G

Paula van Ginkel, 4HAVO profiel N&G

Bart Koole, 4HAVO profiel N&T

Yael Moscou, 4VWO profiel C&M

Maaïke van Mourik, 5VWO profiel N&T met keuzevak Biologie12

Paul Paradies, 5VWO profiel E&M met keuzevak Biologie

Lienke Vendrik, 4HAVO profiel E&M met keuzevak Beeldende Vorming

Margot van de Vlies, 4HAVO profiel E&M met keuzevak Frans

Carolien Wind, 5VWO profiel N&G met keuzevak Aardrijkskunde

Bijlage 3 Overzicht deelnemers toetsgroep

Prof. dr. W. Bujs, doctoraal en promotie org. chemie en farmacologie Universiteit Leiden, expertise Base Chemistry Catalysis, DSM Research Fellow Industrial Chemistry, Honorary Professor Davy Faraday Lab (RI) London, industrieprojecten in voortgezet onderwijs.

Mw. dr. M. C. E. van Dam-Mieras, doctoraal en promotie biochemie UU, wetenschappelijk medewerker biochemie RUL, hoogleraar biochemie en biotechnologie Open Universiteit, lid Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, lid vakontwikkelgroep ANW.

Mw. dr. C. L. Habraken, doctoraal, promotie en UHD organische chemie Universiteit Leiden, gast-professoraten in de VS, RSC/UK Research Fellow, lid Commissie Voorbereiding OU, en lid Stichtingsbestuur Opbouw OU. Onderzoek van het ruimtelijk denken in chemie.

Ir. J. Geenen, doctoraal organische chemie Technische Universiteit Eindhoven, docent scheikunde, lid Intercolaire Vaksectie Scheikunde OMO, docent nascholingscursussen, bestuurslid Chemmic, redacteur en ontwikkelaar Chemnet, voorzitter NVON-kring.

Dr. M. J. Goedhart, doctoraal scheikunde en promotie chemiedidactiek UU, docent laboratoriumonderwijs, docent lerarenopleiding UvA en docent nascholing, hoofd afdeling Didactiek der Scheikunde UvA, universitair hoofddocent Amstel Instituut UvA.

Dr. T. Graafland, doctoraal fysisch-organische chemie en promotie Rijks Universiteit Groningen, werkzaam binnen Shell Research – Chemicals, Department Manager Chemistry and Homogeneous Catalysis. Lid Programma Commissies DPI en ACTS.

Ir. D. Oudijn, doctoraal scheikunde Technische Universiteit Delft, opleidingscoördinator en docent opleiding Chemie aan Haagse Hogeschool en Hogeschool Rotterdam, lid landelijke projectgroep SBHLO.

Dr. J. Reiding, doctoraal en promotie organische chemie Rijks Universiteit Leiden, docent scheikunde, ANW en wiskunde, auteur chemieboeken, docent milieuchemie Technische Universiteit Nicaragua en organische chemie Universiteit Mozambique, medewerker UU.

Dr. ir. H. van Suijdam, doctoraal en promotie Technische Universiteit Delft, corporate director DSM Gist Services. Voorzitter adviesraad TNO Voeding, lid biotechnologische adviesraden, lid KNAW, oud-voorzitter KNCV, voorzitter Commissie Veiligheid VNCL.

Prof. ir. J. A. Wesselingh, doctoraal technische natuurkunde TUD, onderzoeker en docent Shell Research, hoogleraar scheidingsprocessen TUD en RUG, initiator interdisciplinaire afstudeerrichting producttechnologie.

Bijlage 4 Chemie in Beeld

Bij het leerlinginterview kozen de leerlingen uit veertig foto's de meest representatieve positieve en negatieve beelden van chemie. De foto's zijn afkomstig uit schoolboeken, tijdschriften voor chemie en chemie-onderwijs, boeken over chemie en internet.

De beelden op de voorpagina zijn voor hen het meest aantrekkelijk, de beelden op de achterpagina het minst.

Bronvermelding

Voorpagina

- Guus Wageman
- internet, Loes Modderman Microscopic Science Art, <http://www.scienceart.nl/>
- schoolboek Pulsar Chemie Wolters Noordhoff
- Chemistry Review, volume 11 number 4, april 2002, University of YORK
- Education in Chemistry, volume 39 number 2, maart 2002, Royal Society of Chemistry

pagina 6

Guus Wageman

pagina 7

Natuur & Techniek, juni 2002

pagina 8

Chemistry Review, volume 11 number 2, november 2001, University of YORK

pagina 9

Chemistry Review, volume 11 number 4, april 2002, University of YORK

pagina 10

Chem Matters volume 20, number 2 april 2002, American Chemical Society,
Getty Images

pagina 11

Chemisch2Weekblad, jaargang 98 nummer 3, februari 2002, Ilse van den Berg en Jurriaan Huskens

pagina 12

Internationale Chemie Olympiade 2002, Rijks Universiteit Groningen

pagina 13

Coach 5, Amstel Instituut (UvA)

pagina 14

'Moleculen bekijken' op www.slo.nl zoekwoord scheikunde

pagina 15

Guus Wageman

pagina 16

Chemie achter de dijken, KNAW en KNCV

pagina 17

Natuur & Techniek, juni 2002

pagina 18

Education in Chemistry, volume 39 number 2, maart 2002, Royal Society of Chemistry

achterpagina

- Schoolboek Chemie, Wolters Noordhoff
- Natuur & Techniek, juli 2002
- Chemie achter de dijken, KNAW en KNCV
- Chemistry Review, volume 11 number 2, november 2001, University of YORK
- 'Moleculen bekijken' op www.slo.nl zoekwoord scheikunde

