

H. Roebertsen

Integratie en toepassing van biologische kennis

Ontwikkeling en onderzoek van een curriculum rond het
thema 'lichaamsprocessen en vergift'



Archief
Freudenthal Instituut

CD-13

Integratie en toepassing van biologische kennis

**Ontwikkeling en onderzoek van een curriculum rond het
thema 'lichaamsprocessen en vergift'**

CD-β Wetenschappelijke bibliotheek

onder redactie van:

P.L. Lijnse

A. Treffers

W. de Vos

A.J. Waarlo

- 1 Didactiek in Perspectief - P.L. Lijnse, W. de Vos, eds.
- 2 Radiation and Risk in Physics Education - H.M.C. Eijkelhof
- 3 Natuurkunde-onderwijs tussn leefwereld en vakstructuur - R.F.A. Wierstra
- 4 Een overdeelbare Eenheid - M.J. Vogelesang
- 5 Betrokken bij Evenwicht - J.H. van Driel
- 6 Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic particles: A Central Problem in Secondary Science Education - P.L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, A.J. Waarlo eds.
- 7 Kwaliteit van Kwantiteit - H.E. Elzenga
- 8 Interactieve Video in de Nascholing Reken-wiskunde - F. van Galen, M. Dolk, E. Feijs, V. Jonker, N. Reusink, L. Streefland, eds.
- 9 Realistic Mathematics Education in Primary Schools - L. Streefland, ed.
- 10 Ontwikkeling in Energieonderwijs - A.E. van der Valk
- 11 Methoden in het Reken-wiskundeonderwijs - K. Gravenmeijer, M. van den Heuvel-panhuizen, G. van Donselaar, N. Reusink, L. Streefland, W. Vermeulen, E. te Woerd, D. van de Ploeg
- 12 De volgende Opgave van de Computer - J. Zuidema en L. van der Gaag
- 13 European Research in Science Education - P.L. Lijnse, ed.
- 14 Realistic Mathematics Education - K. Gravemeijer
- 15 De Grafische Rekenmachine in het Wiskundeonderwijs - L.M. Doorman, P. Drijvers, M. Kindt.
- 16 Making Sense - Simulation-of-Research in Organic Chemistry Education - Hanno van Keulen
- 17 Perspectives on Research in Chemical Education - O. de Jong, P.H. van Roon, W. de Vos, eds.
- 18 A Problem-Posing Approach to Teaching the Topic Radioactivity - C.W.J.M. Klaassen
- 19 Assessment and Realistic Mathematics Education - M. van den Heuvel-Panhuizen
- 20 Teaching Structures in chemistry. An Educational Structure for Chemical Bonding - G.M. van Hoeve-Brouwer
- 22 Over Natuurkundedidactiek, Curriculumontwikkeling en Lerarenopleiding - Piet Lijnse en Theo Wubbels

Integratie en toepassing van biologische kennis

**Ontwikkeling en onderzoek van een curriculum rond het
thema 'lichaamsprocessen en vergift'**

Integration and application of biological knowledge

**Development and investigation of a series of lessons
about the theme 'bodyprocesses and toxicology'
(with a summary in English)**

Proefschrift

Ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Universiteit Utrecht op gezag van de
Rector Magnificus, Prof. Dr. J. A. van Ginkel
involge het besluit van het College van Decanen
in het openbaar te verdedigen
op woensdag 30 oktober 1996 des namiddags te 12.45 uur.

door

Hermannia Roebertsen

Geboren op 23 september 1960 te Zwolle

Promotor: Prof. Dr. P.A. Voogt
Co-promotor: Dr. A.J. Waarlo

Faculteit Biologie
Universiteit Utrecht

Roebertsen, Herma

Integratie en toepassing van biologische kennis - Ontwikkeling en onderzoek van een curriculum rond het thema 'lichaamsprocessen en vergift' / H. Roebertsen - Utrecht: CDβ- Press, Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht (CD-β Wetenschappelijke Bibliotheek: 23).
Proefschrift Universiteit Utrecht. - Met lit. opg. - Met samenvatting in het Engels.
ISBN: 90-73346-31-2

Trefw.: biologie; didactiek; curriculum onderzoek; lichaamsprocessen, toxicologie

Omslag: A. Lurvink, OMI

Vormgeving: M. Kortbeek-Smithuis, afd. Beeldverwerking & Vormgeving, Universiteit Utrecht

Copyright: Herma Roebertsen, Utrecht 1996

CD-β Press Utrecht

*Voor mijn moeder
en ter nagedachtenis aan mijn vader*

Inhoud

Hoofdstuk 1	Inleiding	9
Hoofdstuk 2	Afbakening van de leerinhoud	15
Hoofdstuk 3	Structuur van het curriculum	31
Hoofdstuk 4	Vormgeving van het curriculum	41
Hoofdstuk 5	Onderzoeksmethoden	55
Hoofdstuk 6	Begripsontwikkeling gemeten met behulp van conceptmaps	69
Hoofdstuk 7	Begripsontwikkeling gemeten met behulp van casustoetsen	85
Hoofdstuk 8	Evaluatie van het curriculum	111
Hoofdstuk 9	Evaluatie van het onderzoek	125
	Engelse samenvatting	139
	Literatuurlijst	143
	Bijlagen	147
	Dankwoord	177
	Curriculum vitae	179



Hoofdstuk 1

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt informatie gegeven over het biologiedidactisch onderzoek in Utrecht en worden de vraagstelling en doelstelling van het voorliggend onderzoek geformuleerd.

In paragraaf 1.1 wordt het onderzoeksprogramma van de vakgroep Didactiek van de Biologie aan de Universiteit Utrecht beschreven. De probleemstelling van het hier gerapporteerde onderzoek komt in paragraaf 1.2 aan de orde. In paragraaf 1.3 volgt tot slot een kort overzicht van de opzet van dit proefschrift.

1.1 Biologiedidactisch onderzoeksprogramma

Het onderzoek dat in dit proefschrift wordt weergegeven, maakt zowel deel uit van het onderzoeksprogramma van de vakgroep Didactiek van de Biologie als van het onderzoeksprogramma *Begripsontwikkeling en Curriculumonderzoek in de Natuurwetenschappen* van het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen (CDW) aan de Universiteit Utrecht.

Het onderzoeksprogramma van de vakgroep is afgeleid van het landelijk onderzoeksplan voor de didactiek van de biologie (Anonymus, 1987). Volgens dit plan zijn er in Nederland drie groepen waar biologiedidactisch onderzoek wordt uitgevoerd: in Amsterdam (VU), Groningen (RUG) en in Utrecht (UU).

Het landelijk onderzoeksplan is ontwikkeld om het onderzoek van deze drie groepen

onderling af te stemmen. *Eén van de uitgangspunten van dit plan is dat het biologiedidactisch onderzoek gericht moet zijn op verbetering van het biologieonderwijs in de bovenbouw van het secundair onderwijs.* In dit landelijk onderzoeksplan is tevens vastgelegd welk deel van de vakinhoud door elk van de drie groepen onderzocht gaat worden. In de periode dat het landelijk onderzoeksplan werd ontwikkeld, werd tevens een nieuw examenprogramma voor biologie opgesteld. Het lag voor de hand om bij de verdeling van taken over de drie groepen uit te gaan van nieuwe vakinhouden die in dat verband werden genoemd.

Vakinhoudelijke keuzen

Afgesproken werd dat Utrecht haar onderzoek richt op het onderdeel *Stabiliteit en verandering*. Dit is een onderdeel van het examenprogramma waarin het gaat om het zelf-regulerend vermogen van een open systeem binnen een veranderende systeemomgeving. Iets vormt een open systeem als er een duidelijk onderscheid is te maken tussen systeem en systeemomgeving, waarbij beide met elkaar in contact staan door uitwisseling van materie, energie en informatie (Voogt, 1994). Bijvoorbeeld de mens kan als een open systeem worden gezien met een eigen systeemomgeving van waaruit voedsel wordt opgenomen en waaraan stoffen worden afgegeven. Een open systeem bestaat uit meerdere deelsystemen, die elk op hun beurt kunnen worden onderverdeeld in deelsystemen die in contact staan met hun omgeving. Zo kan een organisme als de mens worden onderverdeeld in organen, de organen kunnen op hun beurt worden onderverdeeld in cellen. Binnen de vakgroep Didactiek van de Biologie in Utrecht is conform dit landelijk onderzoeksplan gekozen voor systemen op *organismaal niveau*. Deze organismaal benadering wordt in het examenprogramma expliciet genoemd:

- Als algemene doelstelling gericht op het vak wordt gesteld dat leerlingen kennis van en inzicht moeten krijgen in biologische verbanden, waaronder relaties die er bestaan tussen de bouw van een organisme en de functies van de delen ervan (Examenprogramma biologie vwo - 2.1, 1991).
- Bij de behandeling van leerstof over stabiliteit en verandering wordt het organisme centraal gesteld (Examenprogramma biologie vwo - 3.1.4, 1991).

Vanuit de vakdiscipline gezien, zijn er, eenvoudig gesteld, twee manieren om een organisme als systeem te leren kennen (Strijbos, 1988).

- *De analytische methode*, waarbij er voor het vinden van een verklaring van het gehele systeem uitgegaan wordt van het gedrag van de samenstellende delen. Hierbij wordt informatie over de verschillende deelsystemen verkregen door deze afzonderlijk te bestuderen. Deze methode is met name gericht op het verkrijgen van informatie over de structuur van het systeem en van de deelsystemen.
- *De synthetische methode*, waarbij men eerst het gehele systeem identificeert om van daaruit de functie of de rol van de delen te verklaren. Bij deze methode verloopt het onderzoeksproces van geheel naar delen. Via de synthetische aanpak wordt voornamelijk informatie verkregen over de functies van het systeem en van de deelsystemen.

Binnen het onderzoek van de vakgroep is gekozen voor een *synthetische aanpak*.

Het thema *stabiliteit en verandering* wordt binnen de vakgroep Didactiek van de Biologie vanuit twee invalshoeken onderzocht:

- 'Leren en onderwijzen van homeostase', waarbij aandacht wordt besteed aan regulatiemechanismen binnen een organisme. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door Buddingh' (1996).
- 'Bedreiging van het interne milieu van een organisme', waarbij aandacht wordt besteed aan hoe het organisme het hoofd biedt aan biotische en abiotische 'infiltranten'. In het promotieonderzoek van Janssen (Janssen & Voogt, 1995) gaat het om de reacties van het organisme op blootstelling aan biotische agentia.

Het voorliggende onderzoek is gericht op de reacties van het organisme op blootstelling aan abiotische agentia.

1.2 Probleemstelling

De keuze voor een organismale benadering en een synthetische aanpak houdt in dat een nieuw te ontwikkelen curriculum over de reacties van een organisme op bedreiging van het interne milieu gericht zou moeten zijn op integratie van deelsystemen. Eén van de problemen van het huidige biologieonderwijs is dat leerlingen weinig samenhang zien in de aangeboden leerstof. Een aantal biologie-docenten vertelde mij dat leerlingen pas in 6-vwo een idee krijgen van de samenhang tussen de verschillende lichaamsprocessen. In de huidige schoolboeken voor biologie worden deelsystemen vaak verspreid over meerdere leerjaren aangeboden, zonder dat er expliciet aandacht wordt besteed aan de relaties daartussen. Uit onderzoek van Banet (1995) blijkt dat leerlingen, ondanks voorafgaand onderwijs, vaak een gefragmenteerd beeld hebben van de spijsvertering. Een vergelijkbare situatie wordt beschreven in onderzoek van Phillipsen en Stam (1994) waaruit bijvoorbeeld blijkt dat leerlingen de relatie tussen bloed en lymfe niet zien, twee onderwerpen die in de onderbouw apart aan de orde komen.

Vraagstelling

Vanuit de benadering van het organisme als open systeem dat blootstaat aan 'infiltranten' uit zijn systeemomgeving en de hiervoor beschreven problemen over gefragmenteerdheid van (voor)kennis, kan de volgende vraag geformuleerd worden:

Hoe kunnen leerlingen komen tot geïntegreerde kennis van een organisme-als-open-systeem, i.c. inzicht krijgen in de samenhang tussen een aantal samenstellende deelsystemen en in reacties van de deelsystemen op verstoring van het interne milieu door blootstelling aan abiotische agentia vanuit de omgeving?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende keuzes gemaakt.

Gekozen is voor de mens omdat die *als organisme* blootstaat aan schadelijke stoffen¹,

¹ Voor het gemak spreek ik van schadelijke stoffen; hiermee wordt niet bedoeld dat andere stoffen niet schadelijk zijn. Immers alle stoffen kunnen, afhankelijk van dosis en frequentie van blootstelling, schadelijk zijn.

vergiften, uit zijn omgeving. In de huidige samenleving wordt men steeds vaker geconfronteerd met stoffen die potentieel toxisch zijn: thuis, op het werk en in het milieu. Deze keuze sluit op meerdere punten aan bij het examenprogramma. Daarin wordt aandacht gevraagd voor de mens in zijn omgeving:

- 'Leerlingen zijn vertrouwd met toepassingen van biologische kennis in het dagelijks leven, zoals nodig voor bewust consumentengedrag, bewust omgaan met de eigen gezondheid, met seksualiteit en met het milieu' (Examenprogramma biologie vwo - 2.2, 1991)
- 'Leerlingen herkennen biologische aspecten in maatschappelijke situaties en kunnen positieve en negatieve elementen hieraan onderscheiden, mede daarvoor kunnen zij gemotiveerd een standpunt bepalen en beslissingen nemen over eigen gedrag' (Examenprogramma biologie vwo - 2.2, 1991).

Verder worden enkele toxicologische begrippen (MIC, MAC, ADI) genoemd en dient kennis onder andere binnen het contextgebied 'gezondheid' te worden aangeboden.

Wat betreft leerlingen is gekozen voor het *vierde leerjaar van het vwo*. In 4-vwo is meer tijd beschikbaar voor het werken aan nieuwe onderwerpen dan in 5-vwo waarin de lessen al sterk gericht zijn op het eindexamen in 6-vwo.

Met betrekking tot de kennis van leerlingen over de reacties van het lichaam op verstoring van het interne milieu door blootstelling aan 'vergiften' dient opgemerkt te worden dat leerlingen uit 4-vwo waarschijnlijk in meerdere of mindere mate gefragmenteerde voorkennis bezitten over het menselijk lichaam. Leerlingen uit het vierde leerjaar hebben namelijk in de onderbouw onderwijs gehad over de globale bouw en functies van het menselijk lichaam, dat wil zeggen dat de lever, de nieren en de longen behandeld zijn. Deze deelsystemen komen echter veelal verspreid over meerdere hoofdstukken aan de orde zonder dat er vanuit de schoolboeken expliciet aandacht wordt besteed aan de onderlinge relaties ².

Aan vergift wordt pas sinds enige jaren in de schoolboeken voor biologie aandacht besteed, zij het op summiere wijze. In de meest gebruikte schoolboeken worden de afkortingen van de toxicologische normen en waarden ADI, MAC en MIC slechts letterlijk toegelicht, zonder aandacht te geven voor de achtergrond van deze begrippen en voor de betekenis van deze begrippen in relatie tot blootstelling aan stoffen.

De eerder gestelde vraag hoe leerlingen kennis kunnen verwerven over systemen in interactie met hun omgeving kan worden gespecificeerd en uitgebreid tot:

Hoe kunnen leerlingen zodanig komen tot geïntegreerde kennis van het menselijk lichaam-als-open-systeem ³ en inzicht krijgen in enkele algemeen-toxicologische principes, dat zij de verworven kennis kunnen toepassen op/in situaties van alle dag?

² Dit geldt waarschijnlijk ook voor andere onderwerpen. Ook in de nieuwste schoolboeken wordt de lesstof over het menselijk lichaam veelal op deze manier aangeboden (zie onder andere Kreutzer, 1993; Biologie voor jou, 1994; Biologie overal, 1992, 1994).

³ i.c. inzicht krijgen in de samenhang tussen een aantal samenstellende deelsystemen en in reacties van de deelsystemen op verstoring van het interne milieu door blootstelling aan vergiften vanuit de omgeving.

Doelstelling

De vraagstelling van dit onderzoek betreft een ontwerp-vraag (Swanborn, 1991). De doelstelling van het onderzoek is dan ook: *het ontwikkelen van een theoretisch gefundeerd en empirisch getoetst curriculum waarmee integratie en transfer⁴ van kennis over lichaamsprocessen en over enkele toxicologische principes worden bevorderd.*

1.3 Overzicht van het proefschrift

In dit onderzoek staat het ontwikkelen van een curriculum⁵ centraal. Hierbij moeten verschillende stappen doorlopen worden: formuleren van een probleemstelling, formuleren van een algemene doelstelling, afbakening van inhoud, opstellen van leertheoretische uitgangspunten aan de hand waarvan een curriculum ontwikkeld wordt en evaluatie en revisie van het curriculum.

In dit inleidende hoofdstuk is de vraag naar het *waarom* van het curriculum beantwoord.

In hoofdstuk twee wordt de vraag beantwoord *wat* onderwezen moet worden en wordt de inhoud van het te ontwikkelen curriculum afgebakend. Hiervoor zijn onderwerpen die in de lesstof aan de orde moeten komen geselecteerd met behulp van een panel van deskundigen en is gekeken naar de invulling van deze onderwerpen vanuit de vakdiscipline toxicologie. Daarnaast is relevante voorkennis van leerlingen vastgesteld met behulp van interviews en opdrachten.

In hoofdstuk drie worden de leertheoretische en biologische uitgangspunten voor het te ontwikkelen curriculum beschreven. Hierin worden een begripsontwikkelingsmodel en een curriculumstructuur gepresenteerd. Aan het eind van dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen nader gespecificeerd.

In hoofdstuk vier wordt beschreven *hoe*, rekening houdend met de uitgangspunten uit hoofdstuk drie, de begrippen onderwezen gaan worden. Hierbij wordt een toelichting gegeven op de gemaakte keuzes ten aanzien van didactische werkvormen en contexten. Vervolgens wordt beschreven hoe het curriculum in de eerste onderzoeksrunde is uitgevoerd en ervaren. Tot slot wordt beschreven op welke punten het curriculum van de eerste onderzoeksrunde is gereviseerd voor de tweede onderzoeksrunde.

⁴ Onder 'transfer' wordt verstaan dat in de ene (leer)-situatie gebruik wordt gemaakt van kennis en vaardigheden die in een eerdere situatie zijn verworven (Boekaerts, 1993).

⁵ Het ontwerpen van een nieuw curriculum wordt vaak gezien als een niet-wetenschappelijk gebeuren. Dit is echter een onjuiste opvatting, omdat het ontwerpen duidelijke kenmerken heeft van een wetenschappelijke aanpak: het is doelgericht en heeft een empirische cyclus als grondslag (Plomp, 1991).

In hoofdstuk vijf worden de onderzoeksmethoden beschreven waarmee het curriculum is geëvalueerd. Hierin wordt onder meer ingegaan op het gebruik van de conceptmap en de casustoets als evaluatie-instrument. De conceptmap is als evaluatie-instrument gebruikt voor het vaststellen van inzicht in het samenspel van lichaamsprocessen en de casustoets als instrument voor het evalueren van het vermogen van leerlingen om kennis toe te passen in nieuwe situaties.

In hoofdstuk zes worden de resultaten van de conceptmapanalyse beschreven. Hierbij worden twee manieren van analyse onderscheiden.

In hoofdstuk zeven worden de resultaten van de analyse van de casustoetsen gepresenteerd, waaronder ook de uitkomsten van een retentietest die een jaar na afloop van de lessenserie 'Alles is giftig?' is afgenomen. In dit hoofdstuk wordt naast de begripsontwikkeling van leerlingen in het algemeen ook aandacht besteed aan de individuele begripsontwikkeling van enkele leerlingen.

In hoofdstuk acht wordt beschreven hoe het curriculum in het tweede onderwijsexperiment is uitgevoerd en hoe leerlingen dit uitgevoerde curriculum hebben ervaren. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk een vergelijking gemaakt tussen kennis van leerlingen die de lessenserie 'Alles is giftig?' niet hebben gevolgd en leerlingen die de lessenserie wel hebben gevolgd.

In hoofdstuk negen volgt een terugblik op het onderzoek als geheel. Hierin worden de onderzoeksvragen beantwoord. Daarnaast wordt beschreven wat de opbrengst van dit onderzoek is voor de didactiek van de biologie en voor het biologieonderwijs. Tot slot worden aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.

Hoofdstuk 2

Afbakening van de leerinhoud

Om de doelstelling van het onderzoek te bereiken (zie hoofdstuk één), moet een curriculum worden ontwikkeld en beproefd. Welke begrippen zouden in een dergelijk curriculum aan de orde moeten komen? Aan de doelstelling kunnen de volgende criteria worden ontleend:

- Met behulp van de geselecteerde begrippen moeten leerlingen een beeld kunnen krijgen van de manier waarop het lichaam reageert op verstoring van het interne milieu door schadelijke stoffen uit de omgeving,
- Er moet een aantal algemeen-toxicologische begrippen worden aangeboden die een rol spelen in situaties van alle dag.

Bij het selecteren van begrippen spelen leertheoretische overwegingen een rol en moet ook rekening worden gehouden met de beginsituatie van leerlingen. De meeste literatuur over curriculumontwikkeling geeft geen informatie over hoe met deze punten rekening moet worden gehouden (Nijhof, 1993). In dit onderzoek is de volgende werkwijze gevolgd:

- *Voorkennisonderzoek*. Hierdoor wordt een beeld verkregen van de voorkennis die leerlingen uit 4-havo en 5-vwo hebben van het thema 'vergift' en reacties van het lichaam op verstoring. Dit wordt beschreven in paragraaf 2.1.
- *Raadpleging van deskundigen*. Om te bepalen welke onderwerpen rond het thema 'vergift' relevant ¹ (zie p. 16) zijn, is gebruik gemaakt van een panel van toxicologen die werkzaam zijn als voorlichters. Dit wordt beschreven in paragraaf 2.2.

- *Invulling van gekozen onderwerpen vanuit de toxicologie.* Uit de raadpleging van deskundigen is een aantal onderwerpen naar voren gekomen waaraan nog verdere invulling moet worden gegeven. In paragraaf 2.3 wordt deze invulling gegeven vanuit de toxicologie als vakdiscipline.
- *Aanvullend voorkennisonderzoek.* In paragraaf 2.4 wordt als aanvulling op het voorkennisonderzoek onderzocht welke denkbelden leerlingen uit 4-vwo hebben over de onderwerpen die geselecteerd zijn door het panel van deskundigen.
- *Selectie van begrippen.* Nadat de onderwerpen zijn gekozen, de vakspecifieke invulling van begrippen is vastgesteld en onderzocht is welke voorkennis leerlingen hebben, kan de selectie van begrippen die in het curriculum behandeld worden, plaatsvinden. Dit komt aan de orde in paragraaf 2.5.

2.1 Voorkennisonderzoek

In hoofdstuk 1 is aan de orde geweest dat leerlingen over lichaamsprocessen al enige voorkennis hebben op grond van voorafgaand onderwijs. Daarnaast hebben leerlingen ook voorkennis uit eigen ervaringen, via gesprekken of via media (Driver, 1988). Ook ten aanzien van schadelijke stoffen zullen leerlingen voorkennis hebben. Om leerlingen inzicht te geven in de samenhang van lichaamsprocessen in relatie tot blootstelling aan schadelijke stoffen (zie vraagstelling paragraaf 1.2) is het noodzakelijk een beeld te hebben van de voorkennis van leerlingen, waarvan bij de ontwikkeling van het curriculum kan worden uitgegaan. Klostermann et al. (1990) hebben een voorkennisonderzoek gedaan naar denkbelden van leerlingen over giftige stoffen².

Zij interviewden 81 leerlingen uit 4-havo en 5-vwo afkomstig van zes verschillende scholen. In deze interviews lieten zij leerlingen associëren en vroegen zij hen naar de betekenis van het begrip giftigheid, de eigenschappen van een giftige stof en de reactie van het lichaam op blootstelling aan een giftige stof. De geïnterviewde leerlingen dachten bij giftigheid met name aan stoffen met acute schadelijke effecten voor de mens. Slechts een beperkt aantal van hen maakte een opmerking over de relatie tussen de hoeveelheid van een stof en het effect van die stof. Uit dit onderzoek kwam verder naar voren dat de helft van de leerlingen wel het idee had dat het lichaam in staat is om giftige stoffen af te breken, uit te scheiden of op te slaan, maar dat het merendeel van deze leerlingen niet wist welke organen en processen hiervoor verantwoordelijk zijn. Een groot deel van de geïnterviewde leerlingen dacht dat het immuunsysteem giftige stoffen onschadelijk maakt. In de aanbevelingen vragen Klostermann et al. (1990) daarom aandacht voor dosis-effect relaties en voor het gestructureerd behandelen van

¹ Relevante leerstof definieer ik als leerstof die nodig is om bepaalde verschijnselen en situaties uit het dagelijks leven te kunnen begrijpen

² Als referentiekader fungeerde een inhoudsaanduiding van toxicologie voor de bovenbouw havo en vwo die werd opgesteld op basis van concept-teksten van de nieuwe examenprogramma's waarin aan toxicologie iets meer aandacht werd geschonken dan in de definitieve eindversie, en op basis van enkele aanvullingen van Klostermann et al. (1990).

verdedigingsmechanismen van het menselijk lichaam tegen giftige stoffen. Op grond van deze aanbevelingen en de eindtermen die genoemd worden in het examenprogramma voor Biologie (1991) zijn drie onderwerpen rond het thema 'vergift' gekozen:

- lichaamsprocessen (opname, transport, afbraak, uitscheiding en opslag);
- dosis-effect relaties;
- toxicologische normen.

2.2 Raadpleging van deskundigen

Om te verifiëren of deze drie onderwerpen ook relevant zijn in het dagelijks leven, is een deelonderzoek opgezet rond de vraag: *Wat is voor leken belangrijk om te weten over het thema 'vergift'?* Voor beantwoording van deze vraag zijn deskundigen geraadpleegd, te weten toxicologen die in hun dagelijks werk voorlichting aan leken geven. In een eerste stap, de inventarisatieronde, is via open interviews nagegaan over welke onderwerpen rond 'vergift' leken kennis zouden moeten hebben. In een tweede stap, de beslisronde, is met behulp van een panel van andere deskundigen een selectie gemaakt uit de onderwerpen die in de inventarisatieronde zijn genoemd.

2.2.1 Methode

De inventarisatieronde

Aan deze ronde hebben zeven deskundigen deelgenomen. Deze deskundigen zijn werkzaam bij verschillende bedrijven en instanties en geven voorlichting aan verschillende doelgroepen (tabel 2.1). De meeste deskundigen geven voorlichting aan werknemers, ondernemingsraden en VGW³-commissies.

Van de interviews zijn audio-opnames gemaakt die tot een verslag zijn uitgewerkt. Aan de hand van deze verslagen is een lijst opgesteld van onderwerpen die door de verschillende deskundigen zijn genoemd.

De beslisronde

Uit de lijst die na de eerste ronde is opgesteld, zijn in de tweede ronde drie⁴ onderwerpen geselecteerd die in het curriculum zouden moeten komen. Deze selectie is uitgevoerd met de hulp van een panel van vijf deskundigen. Het werken met een panel van deskundigen heeft namelijk het voordeel dat keuzes goed worden beargumenteerd en gefundeerd (Mills et al, 1988; Eijkelhof, 1990).

Er zijn verschillende methoden om met een panel van deskundigen te werken (Moore, 1989). Binnen dit onderzoek is gekozen voor de methode van 'ideawriting'. Dit is een methode om binnen een groep ideeën te ontwikkelen, meningen te vormen en te zoeken naar een gezamenlijke oplossing van een probleem. Deze methode is doeltreffend en kost weinig tijd (Moore, 1989). Een try-out van deze methode in de eigen vak-

³ Een VGW-commissie is een commissie binnen een bedrijf die zorg draagt voor veiligheid, gezondheid en welzijn.

⁴ In verband met de beperking van het aantal te geven lessen over 'vergift'.

tabel 2.1

Overzicht van de doelgroepen waarmee de deskundigen, die hebben meegewerkt aan de inventarisatieronde, te maken hebben.

Doelgroepen	Deskundigen						
	A	B	C	D	E	F	G
Ondernemingsraden en VGW-commissies		x		x	x	x	x
Bewonersgroepen	x			x			x
Werknemersgroepen		x		x	x	x	x
Milieu-groepen	x			x			x
Individueen	x			x			x
Overheid			x				

groep en tijdens de jaarlijkse Werkdagen van de Vereniging voor Didactiek van de Biologie bevestigde dit (Roebertsen, 1990).

In de methode van 'ideawriting' zijn vier stappen te onderscheiden (zie tabel 2.2).

De deskundigen die aan de inventarisatieronde hebben meegewerkt, waren in principe bereid om plaats te nemen in het panel voor de tweede ronde, maar konden niet allen op een bepaald tijdstip bijeen komen. Een aantal van deze deskundigen is lid van het 'Heyermans beraad', een beraad waarin vertegenwoordigers van verschillende bedrijven en organisaties zitten die allen werkzaam zijn op het gebied van advisering over arbeidsomstandigheden en milieu. Dit beraad komt om de zes weken bijeen, waarbij door één van de deelnemers een presentatie gegeven wordt. Dit beraad stelde mij in de gelegenheid om één van deze bijeenkomsten te verzorgen, waardoor ik de beschikking had over een deskundigenpanel, bestaande uit de deelnemers aan het beraad. Tijdens deze bijeenkomst waren vijf deskundigen ⁵ aanwezig.

2.2.2 Resultaten

Resultaten van de inventarisatieronde

In tabel 2.3 staan de onderwerpen vermeld die de zeven deskundigen hebben genoemd. Per deskundige staat vermeld welke onderwerpen hij voor leken belangrijk vindt. Uit de tabel blijkt dat de zeven deskundigen allen van mening zijn dat de onderwerpen risicowaardering, toxicologische normen en ethiek van belang zijn voor leken (grijze delen uit de tabel). Daarnaast wordt door vijf deskundigen het onderwerp dosis-effect relatie genoemd, vier deskundigen noemen het onderwerp verschil tussen acute en chronische blootstelling en drie het onderwerp beschermingsmechanismen. De overige onderwerpen worden slechts één of twee maal genoemd. Uit de gesprekken met de deskundigen bleek voorts dat veel leken informatie inwinnen uit bezorgdheid over schadelijke effecten van stoffen in de eigen woon-/werksituatie.

⁵ Meestal is er bij dit beraad een groter aantal deelnemers. De lage opkomst was onvoorzien, en werd veroorzaakt door ziekte en vakantie.

tabel 2.2
Methode van 'ideawriting' in vier stappen.

1. Samenstelling van de groep/organisatie van de bijeenkomst	De onderzoeker stelt een panel samen bestaande uit zes (à twaalf) deskundigen. Vervolgens wordt een bijeenkomst georganiseerd, waarbij het panel wordt ingedeeld in sub-groepen van drie à vier personen.
2. Eerste respons	De onderzoeker legt de vraagstelling uit en de leden van het panel krijgen circa vijftien minuten de tijd om hun antwoord op de vraag schriftelijk te formuleren op een daarvoor bestemd antwoordformulier. Tijdens deze fase mag onderling niet gesproken worden. Als een deelnemer (deelnemer één) van het panel klaar is, geeft hij zijn antwoordformulier aan een andere deelnemer (deelnemer twee) van zijn subgroep.
3. Schriftelijke reactie	Alle leden van een subgroep becommentariëren elkaars antwoorden zonder dat men kennis neemt van het commentaar van medegroepsleden op het antwoord van een ander. Dus deelnemer twee geeft commentaar op het antwoord van deelnemer één. Wanneer hij (deelnemer twee) hiermee klaar is, geeft hij het antwoordformulier weer aan een ander lid (deelnemer drie) van de subgroep waarbij hij zijn eigen commentaar afdekt. Dit andere lid (deelnemer drie) geeft vervolgens weer commentaar op het antwoord van deelnemer één. Uiteindelijk komt het antwoordformulier met de reacties bij deelnemer één terug.
4. Analyse en rapportage	De subgroepen bespreken de resultaten en schrijven de belangrijkste constatering op een flap. De flappen van de diverse subgroepen worden vervolgens in de hele groep doorgesproken.

Resultaten van de beslisronde

De vijf panelleden vonden het in eerste instantie moeilijk drie onderwerpen uit de lijst van vijftien onderwerpen te kiezen, omdat deze naar hun mening allemaal in zekere mate zinvol zijn voor leken. Uiteindelijk heeft het panel drie onderwerpen gekozen die volgens hen het meest relevant zijn, te weten:

- risico-waardering en risico-beleving;
- normen en concentraties (achtergronden van normen en waarden, weergave in concrete hoeveelheden en voorbeelden);
- dosis-effect relaties.

De onderwerpen die de deskundigen hebben gekozen, komen ten dele overeen met de onderwerpen zoals die worden aanbevolen door Klostermann et al. (1990) in paragraaf

tabel 2.3

Wat leken volgens een deskundigenpanel (n= 7) moeten weten om toxicologische informatie beter te kunnen interpreteren.

- * Onder dit punt valt ook het verschil in blootstelling aan bepaalde stoffen tussen verschillende bevolkingsgroepen, bijvoorbeeld de verhoogde blootstelling van schilders aan organische oplosmiddelen waarmee zij dagelijks werken.
- ** Hieronder zijn alle aspecten samengebracht die met risico hebben te maken, bijvoorbeeld: wat zijn de consequenties voor mijn gezondheid als ik water drink dat afkomstig is uit de Rijn, waarin de norm voor nitro-benzeen overschreden is? Wat is gevaarlijker, werken in een verfspuiterij of fietsen door een drukke straat?
- *** Bij elk (productie)proces, zelfs in het lichaam, ontstaan schadelijke stoffen.
- **** Bijvoorbeeld: wat is een zwaar metaal, wat is een organische stof, wat betekent 'in water oplosbaar'?

Onderwerp	totaal	Deskundigen						
		A	B	C	D	E	F	G
Achtergronden van normen en waarden	7	x	x	x	x	x	x	x
Vershil in effect van een stof op mens en dier	2	x	x					
Vershil in effect van een stof op man/vrouw/kind	2		x	x				
Vershil tussen chronische en acute blootstelling *	4	x	x	x				x
Vershil in eigenschappen van een stof in lucht, bodem en water	2	x	x					
Risicowaardering en risicobeleving **	7	x	x	x	x	x	x	x
Dosis-effect relatie	5	x	x	x		x		x
Betrekkelijkheid van het begrip schadelijk ***	1			x				
Chemische basiskennis ****	2					x		x
Kritisch lezen	1					x		
Besluitvorming/ procedures	1			x				
Hoe sta je als mens in je omgeving, welke invloeden spelen een rol	2				x	x		
Welke beschermingsmechanismen kent het lichaam tegen blootstelling aan schadelijke stoffen	3				x	x		x
Houdingsveranderingen	1				x			
Ethische kanten van normen	7	x	x	x	x	x	x	x

2.1. De onderwerpen dosis-effect relaties en toxicologische normen worden zowel door Klostermann et al. als de deskundigen genoemd. Daarnaast vragen de deskundigen aandacht voor risico-waardering en risico-beleving, terwijl Klostermann et al. kennis over lichaamsprocessen als derde onderwerp aanbevelen. Er is besloten alle vier de onderwerpen in het curriculum op te nemen, omdat de onderwerpen risico-waardering/risico-beleving en kennis over lichaamsprocessen, vanuit de vakdiscipline gezien, aan de orde moeten komen bij de behandeling van de onderwerpen dosis-effect

relaties en toxicologische normen. Een leerling die zich afvraagt of het gevaarlijk voor hem is om de ADI van sulfiet eenmalig te overschrijden, kan pas een gefundeerd antwoord geven als hij de betekenis van normen en van dosis-effect relaties kent en weet op welke manier het lichaam kan reageren op blootstelling aan schadelijke stoffen. De leerling is echter bij het beantwoorden van een dergelijke vraag ook bezig met risicoberekening.

2.3 Toxicologisch kader

In de vorige paragraaf zijn vier onderwerpen naar voren gekomen die in een te ontwikkelen curriculum aan de orde dienen te komen. In deze paragraaf wordt beschreven hoe vanuit de toxicologie aan deze onderwerpen een invulling kan worden gegeven.

Onderwerp 1: Risico-waardering en risico-beleving

Mede door het werk van toxicologen zijn mensen zich bewust geworden van gevaren die hen bedreigen door het verontreinigd milieu. Als ergens een giftige stof wordt ontdekt, reageert men in de meeste gevallen niet alleen met voorzichtigheid, maar ook met angst. Angst veroorzaakt soms meer gezondheidsklachten dan de gevreesde schadelijke stof (Kramers, 1989). Bovendien is het zo dat de mens door minder verstandige voedingsgewoonten, zoals te vet eten, risico's neemt die veelal groter zijn dan die van blootstelling aan een schadelijke stof. Eén van de taken van de toxicologie is duidelijkheid te verschaffen over de gevaren van blootstelling aan schadelijke stoffen (Noordhoek, 1993).

Onderwerp 2: Normen

In onze maatschappij worden toxicologische normen als rechtsregels toegepast om ongunstige invloeden van chemische stoffen te voorkomen of binnen aanvaardbare grenzen te houden. In het algemeen worden normen in twee fasen opgesteld. Allereerst worden op basis van onderzoek grenswaarden vastgesteld die aangeven beneden welke hoeveelheden de kans op bepaalde effecten minimaal geacht kan worden. Bij het vaststellen van de grenswaarden richt men zich vooral op de relaties tussen dosis en effect en de 'no effect levels'. Deze laatste zijn die hoeveelheden van stoffen, waarbij op grond van onderzoek aan proefdieren is bepaald dat zij geen aantoonbaar toxisch effect hebben. Als tweede stap volgt een beleidsbeslissing van de overheid die de norm oplevert. Hierbij worden ook overwegingen van onder andere sociaal-economische aard betrokken.

De normering van additieven in voedsel in ons land is verreweg het best geregeld. De aanpak hiervoor is in principe als volgt: voor nieuw toe te laten stoffen of bij verlenging van een toelating wordt de 'no effect level' gebruikt, die voortkomt uit onderzoek in toxiciteits onderzoek met laboratorium proefdieren. Deze wordt vertaald naar de ADI (Acceptable Daily Intake, op basis van levenslange blootstelling) waarbij rekening wordt gehouden met een veiligheidsfactor, gewoonlijk de factor honderd. Deze factor wordt om minstens twee redenen toegepast. Ten eerste om een eventueel grotere ge-

voeligheid van de mens ten opzichte van het proefdier te compenseren en ten tweede om bescherming te bieden aan bevolkingsgroepen die gevoeliger zouden kunnen zijn dan het populatiegemiddelde, bijvoorbeeld kinderen. Aan de hand van de ADI van een additief wordt vervolgens per voedingsmiddel de zogenaamd maximaal toelaatbare waarde voor consumptie vastgesteld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van gemiddelde consumptiecijfers. Dit is niet automatisch de waarde die ingevolge de wetgeving wordt vastgelegd. Het beleid streeft naar een minimum waarde en stelt een norm vast waarbij een verantwoord landbouwkundig of technologisch gebruik van de stof nog juist mogelijk is. Dit wordt dan de maximaal toegestane concentratie in het produkt.

Naast normen met betrekking tot voedsel zijn er ook vele andere normen, onder meer met betrekking tot de werkplek (de MAC), de buitenlucht (luchtkwaliteitseisen), oppervlaktewater (waterkwaliteitsnormen) en bodem (streefwaarden en interventiewaarden). In het te ontwikkelen curriculum zal naast de ADI aan de MAC aandacht worden gegeven. De MAC staat voor Maximaal Aanvaarde Concentratie op de werkplek bij blootstelling gedurende een heel arbeidsleven. Deze waarde wordt eveneens primair opgesteld aan de hand resultaten van onderzoek met proefdieren en op grond van epidemiologie. De veiligheidsmarges die worden toegepast bij extrapolatie van de 'no effect' level naar de advieswaarde zijn gewoonlijk aanzienlijk kleiner dan de veiligheidsmarges, die bij het vaststellen van ADI's worden gebruikt. De redenen hiervoor zijn ten eerste dat er veelal wel gegevens beschikbaar zijn over de gevoeligheid van de mens voor een bepaalde stof op grond van epidemiologisch onderzoek en ten tweede dat men met een risicogroep te maken heeft die voornamelijk bestaat uit gezonde mannelijke werknemers⁶ van een leeftijdscategorie die extra kwetsbare leeftijdsgroepen uitsluit (Koeman, 1983).

Onderwerp 3: Dosis-effect relaties.

De mate van giftigheid van een stof wordt voornamelijk bepaald door de opgenomen hoeveelheid waarbij de giftige werking optreedt. De kwantificering van effecten kan op twee manieren worden verkregen (Verberk & Zielhuis, 1988):

- *Dosis-effect relatie:*

Deze kwantificering wordt in de meeste gevallen verkregen door bij personen/proefdieren met verschillende blootstelling qua dosis en/of qua duur, de intensiteit van een bepaald effect vast te stellen. Als maat voor blootstelling wordt nogal eens de concentratie van de toxische stof in bloed of urine gebruikt.

- *Dosis-respons relatie:*

Deze kwantificering wordt verkregen door bij verschillende blootstelling (dosis en/of tijdsduur) het percentage personen/proefdieren met meer dan een bepaalde intensiteit van een bepaald effect, vast te stellen.

Geen van beide relaties geven zekerheid omtrent de mate van een effect bij een individu zelfs als men de mate van blootstelling kent. Ze geven alleen de kans op een bepaald effect aan, dus het gezondheidsrisico (Verberk & Zielhuis, 1988). Wanneer men de relaties tussen dosis en effect onderzoekt, zal men spoedig

⁶ Momenteel is er een discussie gaande of ook rekening gehouden moet worden met vrouwelijke werknemers.

ontdekken dat mensen of proefdieren per individu verschillend reageren op een bepaalde dosis. Daarnaast speelt het verband tussen concentratie en tijd een grote rol (Verberk & Zielhuis, 1988).

Onderwerp 4: Lichaamsprocessen

Bij het beschrijven van de reactie van het lichaam op blootstelling aan schadelijke stoffen is de rode draad de weg van een stof door het lichaam, van opname en resorptie, via verdeling/verbinding en omzetting/afbraak tot uitscheiding (kinetiek).

- *Opname en resorptie*

Een organisme kan beschouwd worden als een systeem dat is afgegrensd van zijn omgeving door verschillende barrières, zoals de uit meerdere cellagen opgebouwde huid, de slijmvliezen van het maagdarmkanaal, het longepitheel en een groot aantal typen vliezen rondom organen en cellen. De meeste van deze barrières zijn samengesteld uit vetten of vetachtige stoffen waardoor, in het algemeen, vetoplosbare stoffen de membranen beter passeren dan stoffen die niet- of in mindere mate lipofiel zijn.

De opnameroute van een stof heeft grote invloed op de waarschijnlijkheid van vergiftiging. Bij sommige stoffen is het risico van vergiftiging groter als ze in gasvorm via de longen worden opgenomen dan bij opname via het maagdarmkanaal. Bij opname van stoffen via het maagdarmkanaal komt in de meeste gevallen slechts een fractie van de opgenomen stof in de bloedbaan. De mate van resorptie, de biologische beschikbaarheid, is afhankelijk van de aard van de stof.

Via de luchtwegen worden met name gassen en aerosolen opgenomen. Gassen en dampen bestaan uit vrij bewegende moleculen die een hoge diffusiesnelheid hebben. Hydrofiele gasvormige stoffen worden in de hoge luchtwegen opgenomen bij het passeren van de slijmvliezen. De mate waarin aerosolen kunnen worden opgenomen wordt mede bepaald door de grootte van de deeltjes. Deeltjes met een diameter kleiner dan circa 2 μm kunnen tot in de longblaasjes doordringen.

Verder worden stoffen via de huid opgenomen; met name lipofiele stoffen worden in vergelijking met hydrofiele stoffen gemakkelijk door de hoornlaag gelaten (Koeman, 1983; Verberk & Zielhuis, 1988).

- *Verdeling en binding*

De verdeling van stoffen over de verschillende delen van het organisme gebeurt via het bloedvatensysteem, het lymfestelsel en de intracellulaire stroming van het cytoplasma. Bij verdeling via het bloedvatensysteem spelen twee factoren een belangrijke rol:

- 1 Plaatselijke bloedtoevoer. Sterk doorbloede organen krijgen een grotere hoeveelheid van een bepaalde stof aangeboden, maar kunnen deze ook weer sneller afstaan.
- 2 Chemische eigenschappen van een stof. Bijvoorbeeld, lipofiele stoffen als oplosmiddelen lossen relatief makkelijk op in vetweefsel.

Sommige stoffen worden specifiek door bepaalde organen opgenomen, zoals fluor en lood in het bot en cadmium in de nieren.

Van een toxische stof in het bloed is alleen de vrij in het bloedplasma aanwezige fractie ter beschikking van de organen. Veel hydrofobe stoffen worden, reversibel, gebonden aan plasma-eiwit, voornamelijk albumine. In dat geval komt er veel minder toxon op

de werkingsplaats. De eliminerende organen blijven echter de vrije fractie uit het plasma halen, waardoor dit uiteindelijk volledig wordt gereinigd (Verberk & Zielhuis, 1988; Koeman, 1983).

- *Omzetting en afbraak*

De transformatie van chemische stoffen in organismen vindt overwegend plaats via enzymatische processen. Het belangrijkste orgaan hiervoor is de lever, maar dergelijke processen vinden ook plaats in andere organen, zoals de nieren, de longen en de huid. Het transformatie proces bestaat gewoonlijk uit twee fasen: een eerste fase waarbij de stof wordt geoxydeerd, gereduceerd of gehydroliseerd en een tweede fase waarbij de in de eerste fase ontstane metabolieten worden gekoppeld aan enkele daarvoor beschikbare laagmoleculaire lichaamseigen stoffen zoals glycine en sulfaat (Koeman, 1983).

- *Uitscheiding*

Voor de uitscheiding van de opgenomen stof of metaboliet zijn meerdere wegen mogelijk.

- Nieren: vrijwel elke toxische stof die in niet-eiwitgebonden vorm in het bloedplasma aanwezig is, komt door ultrafiltratie in de voorurine. Door terugresorptie blijven hydrofiele stoffen in de urine en worden lipofiele stoffen teruggeresorbeerd en vrijwel niet uitgescheiden
- Lever: deze beschikt over actieve excretiesystemen voor organische basen en zuren, waarbij stoffen via de gal in de darmen komen en het lichaam via de faeces verlaten.
- Longen: een aantal vluchtige vergiften dat via de longen binnenkomt, verlaat het lichaam geheel of ten dele via dezelfde weg.
- Overige wegen: uitscheiding via het zweet (broomverbindingen), via moedermelk (DDT, Dioxine) of via de haren (arseen) (Koeman, 1983; Verberk & Zielhuis, 1988).

2.4 Aanvullend voorkennisonderzoek

Omdat het te ontwikkelen curriculum bestemd is voor leerlingen uit 4-vwo en Klostermann (1990) zich in haar onderzoek richtte op 4-havo en 5-vwo is onderzoek gedaan naar voorkennis van leerlingen uit 4-vwo over dosis-effect relaties, toxicologische normen en lichaamsprocessen. Verwacht werd dat er weinig verschillen zijn tussen de voorkennis van leerlingen uit 4-vwo en leerlingen uit 4-havo en 5-vwo. Aan de toxicologie wordt binnen het voortgezet onderwijs immers geen aandacht geschonken en een sterke toename van kennis over dit onderwerp via de media is niet aannemelijk (Hodzelman, 1992).

Methode

Er zijn verschillende manieren om voorkennisonderzoek te doen. Binnen dit onderzoek is gekozen voor het afnemen van interviews. Het afnemen van interviews is een gangbare methode om alternatieve concepten van leerlingen op te sporen (Treagust, 1989). Er zijn drie groepjes uit verschillende 4-vwo klassen, in totaal elf leerlingen, geïnterviewd naar aanleiding van een krantenartikel over het risico van het drinken van nitraathoudende cassis-light (bijlage 1). In dit krantenartikel wordt stilgestaan bij de

schadelijke effecten van nitraat op de mens. Elk groepje is ongeveer 20 minuten geïnterviewd. Aan de leerlingen is gevraagd om voorafgaand aan het interview, individueel het krantenartikel door te lezen en de bijbehorende vragen te beantwoorden. Daarbij werd onder meer gevraagd naar de betekenis van de volgende begrippen: de norm voor een stof, de schadelijkheid van een stof en de maximaal toelaatbare hoeveelheid van een stof. Tijdens de groepsinterviews is dieper ingegaan op de betekenis die leerlingen aan de begrippen gaven. Van de interviews zijn audio-opnames gemaakt, die vervolgens zijn geanalyseerd.

Resultaten

De leerlingen die hebben deelgenomen aan het voorkennisonderzoek hebben over de vier geselecteerde onderwerpen weinig kennis die wetenschappelijk gezien aanvaardbaar is. Dit is in overeenstemming met de verwachting op grond van de resultaten van Klostermann et al. (1990) en wordt geïllustreerd door de volgende uitkomsten.

Naar aanleiding van het krantenartikel over nitraat is de leerlingen gevraagd de betekenis aan te geven van de norm voor een stof en de maximaal toelaatbare hoeveelheid van een stof. Alle leerlingen wisten dat norm iets met hoeveelheid te maken had, maar geen van hen kon een verdere nuancering geven. Eén leerling omschreef norm als: *"de hoeveelheid die normaal is"*.

De meeste leerlingen dachten dat norm-overschrijding altijd schadelijke effecten heeft. Slechts een tweetal leerlingen merkte op dat de mate van schadelijkheid afhangt van de mate van norm-overschrijding. Eén leerling dacht dat de kans op schadelijke effecten voor ieder mens verschillend zou zijn en dat er bij het opstellen van de norm van een *"gemiddelde mens"* wordt uitgegaan.

Van het begrip maximaal toelaatbare hoeveelheid wisten de leerlingen uiteraard dat het iets met hoeveelheid had te maken. De interpretaties die leerlingen verder aan dit begrip gaven, varieerden sterk. De onderstaande uitspraken geven hiervan een indruk: *"De grootste hoeveelheid van een stof die je binnen kunt krijgen zonder ziek te worden"* (3 leerlingen).

"De grootste hoeveelheid die je op een dag naar binnen kunt krijgen van een stof, door continu te eten en te drinken" (1 leerling).

"De hoeveelheid van een stof die toelaatbaar is zonder dat je een boete krijgt, of gestraft wordt" (1 leerling).

Opvallend is dat meerdere leerlingen dachten dat de gevolgen van overschrijding van de maximaal toelaatbare hoeveelheid van een stof ernstiger zijn dan de overschrijding van de norm voor een stof. Bij navraag bleek dit veelal gebaseerd te zijn op associaties met het woord maximaal.

Verder is uit de interviews naar voren gekomen dat leerlingen, in tegenstelling tot toxicologen, denken dat schadelijkheid een absoluut kenmerkende eigenschap van een stof is. Evenals bij de studie van Klostermann (Klostermann et al., 1990) gaven de meeste leerlingen geen argumenten die verwijzen naar het dosis-effect principe.

Een andere vraag die naar aanleiding van het krantenartikel is gesteld, luidde: 'Als een stof kankerverwekkend is bij proefdieren, is deze stof dan ook kankerverwekkend bij de mens?'. De meeste leerlingen hebben op deze vraag geantwoord dat de stof in ieder

geval slecht is voor de mens. Twee leerlingen maakten de opmerking dat je dieren en mensen niet zomaar kunt vergelijken, omdat "ze anders zijn". Een andere leerling was van mening dat de extrapolatie wel gemaakt kon worden, omdat medicijnen ook op proefdieren werden uitgetest. Verder gaven de leerlingen de volgende opmerkingen:

"Natuurlijk, want ze willen toch weten wat er met de mens gebeurt en dus nemen ze proefdieren, ze willen niet weten wat er met de proefdieren gebeurt".

"Alles is toch kankerverwekkend, ik denk dat de mensen ook kanker krijgen als proefdieren kanker krijgen van een stof, maar de meeste producten zijn toch kankerverwekkend?"

In overeenstemming met de bevindingen van Klostermann et al. (1990) is verder uit de interviews naar voren gekomen dat de meeste leerlingen weinig kennis hebben over de lichaamsprocessen opname, transport, afbraak, uitscheiding en opslag. Ook is het opvallend dat de leerlingen bij het beantwoorden van de vragen geen gebruik maakten van de informatie uit het krantenartikel. Hoewel in het krantenartikel de hoeveelheid milligrammen nitraat per liter frisdrank genoemd werd, gebruikte geen enkele leerling deze gegevens bij het berekenen van de hoeveelheid frisdrank die gedronken zou moeten worden om de maximaal toelaatbare hoeveelheid nitraat te bereiken.

Conclusies

Uit het onderzoek van Klostermann et al. (1990) en uit het aanvullende voorkennisonderzoek is gebleken dat leerlingen over vergift en over de weg van vergift door het lichaam alternatieve denkbeelden hebben.

Deze alternatieve denkbeelden zijn in drie categorieën onder te verdelen:

- Foutieve denkbeelden, bijvoorbeeld de breed gedeelde opvatting dat het afweersysteem betrokken is bij het onschadelijk maken van vergift (Klostermann et al., 1990).
- Oppervlakkige denkbeelden en gefragmenteerde voorkennis, bijvoorbeeld een leerling weet dat een bepaald verschijnsel optreedt, maar weet niet welke mechanismen daarvoor verantwoordelijk zijn. Leerlingen hebben toegezegd de klok horen luiden, maar weten niet waar de klepel hangt. Zo menen alle leerlingen zeker te weten dat baby's een groter gezondheidsrisico lopen dan volwassenen, maar ze kunnen hiervoor geen afdoende verklaring geven.
- Contextgebonden denkbeelden: De leerling denkt associatief. Bijvoorbeeld een leerling is van mening dat het overschrijden van de maximaal toelaatbare hoeveelheid van een stof schadelijk is, omdat hij dit begrip associeert met het overschrijden van de maximumsnelheid bij autorijden, hetgeen strafbaar is.

2.5 Inhoud en doelstellingen van het curriculum

Inhoud

De hiervoor genoemde alternatieve denkbeelden kunnen een adequaat begripsontwikkelingsproces belemmeren (Roebertsen & Janssen, 1993). Bij het selecteren van begrippen en bij het ontwikkelen van het curriculum zal met deze alternatieve denkbeelden en de mogelijke consequenties ervan voor de begripsontwikkeling rekening

worden gehouden. Het te ontwikkelen curriculum zal in overeenstemming met de doelstelling van het onderzoek (zie hoofdstuk 1) er op gericht moeten zijn dat leerlingen een geïntegreerd beeld verwerven van de reacties van het lichaam op blootstelling aan schadelijke stoffen; inzicht krijgen in de betekenis van toxicologische begrippen en kennis kunnen toepassen in/op situaties uit het dagelijks leven.

Uitgaande van deze meerledige doelstelling, de voorkennis van leerlingen, de uitkomsten van de raadpleging van deskundigen en de toxicologische inkadering wordt in tabel 2.4 een synthese gepresenteerd.

Doelstellingen

Na de beargumenteerde selectie van onderwerpen is het mogelijk de doelstelling van het onderzoek te vertalen naar doelstellingen voor het curriculum. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen cognitieve en affectieve doelstellingen.

- *Cognitieve doelstellingen:*

- 1 Leerlingen kunnen de samenhang beschrijven tussen de processen opname, transport, afbraak, uitscheiding en opslag van stoffen in organismen.
- 2 Leerlingen kunnen uitleggen dat de mate waarin een stof schadelijk is, afhangt van dosis, duur en frequentie van blootstelling en van het lichaamsgewicht.
- 3 Leerlingen kunnen verwoorden dat toxicologische advieswaarden als referentie dienen voor het inschatten van de kans op verstoring van lichaamsprocessen door schadelijke stoffen.
- 4 Leerlingen kunnen kritisch een krantenartikel lezen over schadelijke stoffen in voeding.

- *Affectieve doelstelling:*

- 5 Leerlingen worden zich bewust van hun eigen houding ten aanzien van het risico van blootstelling aan 'schadelijke' stoffen.

2.6 Samenvatting

Om een antwoord te krijgen op de vraag wat in het te ontwikkelen curriculum aan de orde dient te komen zijn de volgende vier stappen gezet:

- Voorkennisonderzoek bij leerlingen;
- Raadpleging van deskundigen;
- Toxicologische invulling;
- Aanvullend voorkennis onderzoek.

Het doorlopen van deze stappen heeft geresulteerd in de keuze van de volgende onderwerpen en doelstellingen voor het te ontwikkelen curriculum:

Onderwerpen

- toxicologische normen en hun betekenis voor het dagelijks leven;
- risicobeleving;
- dosis-effect relaties;
- lichaamsprocessen.

tabel 2.4

Overzicht van de geselecteerde onderwerpen voor het te ontwikkelen curriculum over vergift en de argumenten voor deze keuzen.

Onderwerp 1: Toxicologische normen en hun betekenis voor het dagelijks leven

Deelaspecten van dit onderwerp zijn:

Stappen waarin een norm tot stand komt: onderzoek op proefdieren, omrekening naar de mens, berekening met een veiligheidsfactor. Betekenis van overschrijding van een norm.

Argumenten om aan deze deelaspecten aandacht te besteden:

1. Sluiten aan bij het examenprogramma biologie vwo.
2. Volgens de geraadpleegde deskundigen komen deze onderwerpen in de media regelmatig aan de orde. Door het verwerven van kennis over het begrip norm, kan informatie over normen beter begrepen worden. Hierbij is opgemerkt dat het niet zinnig is de exacte normen van een specifieke stof uit het hoofd te leren.
3. Volgens de geraadpleegde deskundigen is het van belang dat leerlingen zich er van bewust worden dat bij het tot stand komen van normen verschillende afwegingen een rol spelen. Bijvoorbeeld economische motieven worden afgewogen tegen gezondheidsrisico's.

Onderwerp 2: Risicobeleving

Deelaspecten van dit onderwerp zijn:

Omgaan met risico, risicovergelijking, gevoelsmatig inschatten van risico.

Argumenten om aan deze deelaspecten aandacht te besteden:

1. Volgens de geraadpleegde deskundigen moeten leerlingen rationeel leren omgaan met risico's en een beeld krijgen van hun eigen opvatting ten aanzien van risico.
2. Uit het voorkennisonderzoek en uit het overleg met de deskundigen blijkt dat door veel mensen blootstelling aan bepaalde stoffen in bepaalde hoeveelheden, ten onrechte als zeer gevaarlijk wordt beschouwd.

Onderwerp 3: Dosis-effect relaties

Deelaspecten van dit onderwerp zijn:

Factoren die dosis-effect relaties beïnvloeden: dosis, frequentie van blootstelling, lichaamsgewicht.

Argumenten om aan deze deelaspecten aandacht te besteden:

1. Volgens de geraadpleegde deskundigen is inzicht in de dosis-effect relatie voorwaarde om te kunnen begrijpen dat blootstelling aan bepaalde (schadelijke) stoffen niet altijd leidt tot effecten.
2. Uit de voorkennisonderzoeken blijkt dat leerlingen vaak wel intuïtief vermoeden dat deze factoren een rol spelen, maar er niet mee kunnen werken.
3. Volgens de geraadpleegde deskundigen is het voor het begrijpen van dosis-effect relaties een voorwaarde dat leerlingen inzicht verwerven in de betekenis van een norm.

Onderwerp 4: Lichaamsprocessen

Deelaspecten van dit onderwerp zijn:

Manieren waarop het menselijk lichaam kan reageren op blootstelling aan schadelijke stoffen (opname, transport, afbraak, opslag, uitscheiding).

Argumenten om aan deze deelaspecten aandacht te besteden:

1. Uit het voorkennisonderzoek blijkt dat leerlingen geen correct beeld hebben van de reacties van het lichaam en van de samenstellende deelsystemen op blootstelling aan een schadelijke stof.
 2. Als een leerling in grote lijnen een overzicht heeft van de manier waarop het lichaam met schadelijke stoffen kan omgaan, kan deze leerling beter begrijpen dat blootstelling aan een potentieel schadelijke stof niet per definitie tot nadelige effecten hoeft te leiden.
-

Doelstellingen

- *Cognitieve doelstellingen:*

- 1 Leerlingen kunnen de samenhang beschrijven tussen de processen opname, transport, afbraak, uitscheiding en opslag van stoffen in organismen.
- 2 Leerlingen kunnen uitleggen dat de mate waarin een stof schadelijk is, afhangt van dosis, duur en frequentie van blootstelling en van het lichaamsgewicht.
- 3 Leerlingen kunnen verwoorden dat toxicologische advieswaarden als referentie dienen voor het inschatten van de kans op ernstige verstoring van lichaamsprocessen door schadelijke stoffen.
- 4 Leerlingen kunnen kritisch een kranteartikel lezen over schadelijke stoffen in voeding.

- *Affectieve doelstelling:*

- 5 Leerlingen worden zich bewust van hun eigen houding ten aanzien van het risico van blootstelling aan 'schadelijke' stoffen.

Hoofdstuk 3

Structuur van het curriculum

In de voorgaande hoofdstukken is de aanleiding tot het onderzoek beschreven, is de inhoud afgebakend en zijn de doelstellingen van het te ontwikkelen curriculum vastgesteld. De volgende vraag die beantwoord moet worden is *hoe* de geselecteerde onderwerpen onderwezen moeten worden opdat deze doelstellingen gerealiseerd worden. In paragraaf 3.1 wordt beschreven welke leertheoretische benadering daarvoor is gekozen. Een toelichting op de structuur van het curriculum volgt in paragraaf 3.2. Vervolgens worden in paragraaf 3.3 de specifieke onderzoeksvragen geformuleerd. Tot slot wordt in paragraaf 3.4 een samenvatting gegeven.

3.1 Zinvol-leren

De doelstellingen van het curriculum (zie paragraaf 2.5) geven aan dat leerlingen een geïntegreerd beeld dienen te verkrijgen van de reacties van het lichaam op blootstelling aan schadelijke stoffen, inzicht dienen te krijgen in de betekenis van toxicologische begrippen en kennis moeten kunnen toepassen op/in situaties uit het dagelijks leven. Om dit te bereiken is gezocht naar leertheorieën waarin aandacht wordt geschonken aan het integreren en toepassen van kennis. Aansluiting is gevonden bij de ideeën van Ausubel over zinvol-leren. Zinvol-leren is het proces waarbij leerlingen een doelmatige cognitieve structuur ¹ (zie p.32) ontwikkelen waarin nieuwe begrippen door middel van proposities verbonden worden met relevante, aanwezige begrippen (Ausubel,

1968; Novak, 1977; Ausubel et al., 1978). In zijn theorie vraagt Ausubel expliciet aandacht voor, onder meer, verankering van kennis in de bestaande cognitieve structuur en voor de relaties tussen en binnen de leerstofonderdelen. Hiermee bedoelt hij dat nieuwe kennis moet aansluiten bij de voorkennis van leerlingen, dat leerlingen moeten worden gestimuleerd om relaties te leggen binnen de aangeboden leerstof en tussen deze leerstof en de aanwezige kennis, waarbij belangrijke overeenkomsten en verschillen tussen begrippen benadrukt moeten worden ² (Ausubel, 1968; Kok, 1982).

Een van de belangrijkste factoren die zinvol-leren beïnvloeden is de omvang en de kwaliteit van de reeds aanwezige cognitieve structuur (Ausubel & Robinson, 1969; Bongaerts & Schmidt, 1987; Dochy, 1992). Deze opvatting wordt ook gedeeld door verschillende constructivistische stromingen (Duit, 1993).

Ausubel heeft twee voorwaarden geformuleerd voor het optreden van zinvol-leren:

- Een leerling moet bereid zijn om nieuwe kennis in verband te brengen met relevante onderdelen van zijn cognitieve structuur. Met andere woorden een leerling moet gemotiveerd zijn om te leren.
- De cognitieve structuur van een leerling moet voldoende begrippen bevatten om nieuwe begrippen aan te kunnen koppelen. Met andere woorden een leerling moet over voldoende relevante voorkennis beschikken.

In zijn theorie geeft Ausubel onvoldoende aan hoe met deze voorwaarden rekening kan worden gehouden bij het inrichten van een curriculum en via welke cognitieve processen zinvol-leren bereikt kan worden.

Aanvullende richtlijnen zijn gevonden in de theorie van Mayer (1979, 1989). Hij wordt gezien als een moderne opvolger van Ausubel; zijn theorie ligt in de lijn van Ausubel en benadrukt dat er drie cognitieve processen nodig zijn om te komen tot zinvol-leren, te weten:

- De te leren informatie moet worden ontvangen in de cognitieve structuur (*receptie*).
- Er moeten relevante ankerideeën beschikbaar zijn of worden aangebracht om de nieuwe informatie aan te kunnen relateren (*beschikbaar zijn*).
- Leerlingen moeten activiteiten ondernemen die erop gericht zijn de betekenisvolle cognitieve structuur tijdens het leren te gebruiken en de nieuwe en de bestaande begrippen te integreren (*activeren*).

Leeractiviteiten ³ zouden gericht moeten zijn op de processen receptie, beschikbaar maken en activeren (Mayer, 1979; Boekaerts & Simons, 1993).

Ferguson-Hessler (1993) en Boekaerts (1982) geven nadere omschrijvingen van leeractiviteiten waarin ook de door Mayer genoemde processen een centrale rol spelen. Ferguson-Hessler onderscheidt de volgende leeractiviteiten: creëren van voorwaarden voor leren; presenteren van nieuwe kennis; stimuleren van de integratie van informatie

¹ Een cognitieve structuur wordt schreven als een kennisbestand bestaande uit een netwerk van begrippen dat betrekking heeft op een speciaal kennisgebied (Ausubel et al. 1978).

² Ausubel heeft meerdere richtlijnen gegeven voor de inrichting van onderwijs. Niet alle richtlijnen blijken in praktijk werkbaar te zijn (Simons, 1993).

³ Hieronder worden zowel docent- als leerlingactiviteiten verstaan.

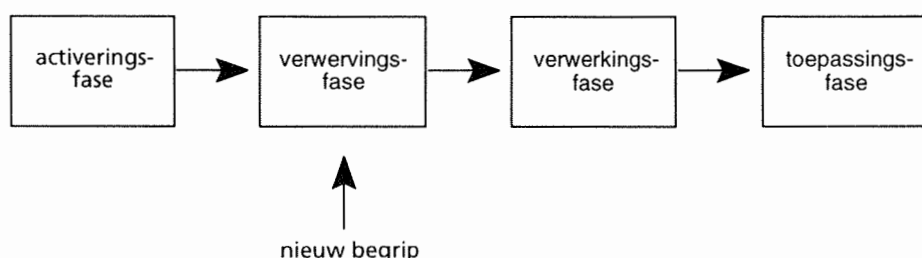
en het verbinden van nieuwe informatie met bestaande kennis. Boekaerts heeft het BIT-model ontwikkeld, waarin zij aangeeft dat er drie vormen zijn van omgaan met informatie: namelijk leerlingactiviteiten die gericht zijn op het betekenis verlenen aan informatie (B), het integreren van informatie (I) en toepassen van informatie (T).

Zowel Ferguson-Hessler als Boekaerts gaan er van uit dat er pas sprake is van verwerking van kennis als:

- leerlingen betekenis verleend hebben (receptie);
- informatie geïntegreerd hebben in hun cognitieve structuur (beschikbaar zijn);
- deze informatie hebben aangewend bij het oplossen van nieuwe problemen (activeren).

Op basis van de hierboven genoemde voorwaarden en onderscheiden leeractiviteiten is, in aansluiting op de doelstellingen van het curriculum, een begripsontwikkelingsmodel ontwikkeld. In dit model wordt in vier fasen beschreven hoe een begripsontwikkelingsproces gericht op zinvol-leren kan verlopen; deze fasen staan weergegeven in figuur 3.1. Een leerling beschikt bij aanvang van een les (of lessenserie) over een cognitieve structuur waarin bepaalde begrippen en proposities aanwezig zijn met betrekking tot het te onderwijzen onderwerp. In de *activeringsfase* worden de relevante delen van de cognitieve structuur (de voorkennis) geactiveerd. Dit kan door leerlingen opdrachten te laten uitvoeren, waarbij zij over bepaalde begrippen moeten nadenken. Gedurende het leerproces verwerft een leerling nieuwe begrippen en proposities, *de verwervingsfase*. Hierbij zal een leerling in eerste instantie weinig of geen relaties tussen de nieuwe begrippen en reeds bekende begrippen kunnen leggen. In deze fase kunnen verschillende leeractiviteiten adequaat zijn: demonstreren, spreekbeurten, films kijken, zelfontdekkingen. In een volgend stadium, *de verwerkingsfase* zal een leerling er wel in slagen een nieuw begrip in relatie te brengen met begrippen uit zijn cognitieve structuur en nieuwe verbanden tussen reeds aanwezige begrippen te zien. Leeractiviteiten die in deze fase plaats kunnen vinden zijn: leerlingen in groepjes al pratend laten nadenken over een bepaald probleem, vragen formuleren en beantwoorden die leerlingen stimuleren tot nadenken, vragen stellen om onduidelijke samenhangen te verhelderen. Na het doorlopen van deze drie fasen is er een complexere cognitieve structuur ontstaan, waarin de betekenis van de oorspronkelijke begrippen is aangepast en/of uitgebreid en het aantal proposities en begrippen is toegenomen. De leerling bereikt dan de vierde fase, de *toepassingsfase* waarin hij begrippen uit zijn cognitieve structuur kan activeren en gebruiken in nieuwe situaties. Leeractiviteiten die in deze fase plaats kunnen vinden zijn: rollenspellen, discussievormen, opstel, essay, oefeningen maken etc. (Simons & Zuylen, 1992; Boekaerts & Simons, 1993).

Gedurende een les zal een leerling deze fasen één of meerdere keren doorlopen als hij gemotiveerd is om actief aan het onderwijsproces deel te nemen en als het instructieproces er ruimte voor biedt.



figuur 3.1.

Begripsontwikkelingsmodel waarbij vier fasen worden onderscheiden.

3.2 Gebruik van contexten

Om de verschillende fasen van het begripsontwikkelingsmodel te doorlopen zullen leerlingen gemotiveerd moeten zijn of daartoe gestimuleerd moeten worden. In navolging van Klaassen (1995) wordt onderscheid gemaakt tussen globale en lokale motivatie. Onder globale motivatie wordt verstaan de motivatie van leerlingen voor de thematiek van de lessenserie. De keuze van een geschikt thema waarbinnen een lessenserie wordt ontwikkeld, is daarbij cruciaal (Van Genderen, 1985).

Onder lokale motivatie wordt verstaan de motivatie van een leerling voor het oplossen van een specifieke opdracht. Het kan zijn dat het onderwerp van een lessenserie een leerling in eerste instantie aanspreekt en hij dus voldoende globaal gemotiveerd is, maar dat de opdrachten die binnen de lessenserie aan de orde komen hem niet stimuleren om er serieus aan te werken.

Om leerlingen voldoende lokaal te motiveren is er voor gekozen om de opdrachten binnen contexten aan te bieden die leerlingen aanspreken. Binnen de didactiek, met name van natuurkunde en wiskunde, is al geruime tijd aandacht voor contexten waarbinnen leerstof wordt aangeboden (Van Genderen, 1985; Eykelhof & Van der Veen, 1989; Broekman & Van der Valk, 1990; Wierstra, 1990). Een context wordt gezien als een deel van de buitenschoolse wereld waaraan kennis en ervaringen worden ontleend, die in de les worden gebruikt (Broekman & Van der Valk, 1990). Door opdrachten binnen een geschikte context aan te bieden, worden leerlingen gestimuleerd om na te denken en/of te discussiëren over de relaties die er bestaan tussen nieuwe begrippen en reeds bestaande begrippen (Broekman & Van der Valk, 1990).

Eén van de problemen van het werken met contexten binnen het onderwijs is dat sommige situaties uit de maatschappij (natuur, techniek, wetenschap) te complex of te moeilijk toegankelijk zijn om rechtstreeks als context voor biologische processen en principes te fungeren (naar Van Genderen, 1985). Het is dan noodzakelijk gebruik te maken van speciale ten behoeve van het onderwijs gecreëerde situaties. In andere gevallen kunnen situaties uit de maatschappij direct als context voor biologische processen en principes fungeren. In beide gevallen vormen de situaties dus de context, waarbij zowel de situatie die aan de orde komt, als de biologische processen en principes die behandeld worden, deel uit maken van de leerstof. De keuze van contexten is dus

mede bepalend voor de leerstof (Wierstra, 1990).

In aansluiting op het begripsontwikkelingsmodel en in navolging van Van Genderen (1985) worden de volgende typen contexten onderscheiden:

- *Aanleercontext*

Hiermee wordt bedoeld de thematiek waarbinnen een lessenreeks wordt aangeboden. De aanleercontext vormt de rode draad van een lessenserie.

- *Verwerwingscontexten*

Opgdrachten over speciaal voor het onderwijs gecreëerde situaties waarmee leerlingen betekenis verlenen aan nieuwe begrippen die in de opdracht aan de orde komen.

- *Verwerkingscontexten*

Opgdrachten waarbij leerlingen relaties leggen tussen nieuw verworven begrippen en reeds aanwezige kennis.

- *Toepassingscontexten*

Hiermee worden de opdrachten bedoeld waarin leerlingen hun kennis moeten activeren en gebruiken in een andere context dan die waarin de kennis is verworven en verwerkt.

Tot nu toe besteedt men binnen het onderwijs waarin met contexten wordt gewerkt, te weinig aandacht aan de vraag of leerlingen situaties krijgen aangeboden waaraan een voor hen zinvol probleem kan worden verbonden (Lijnse, 1993). Er wordt te gemakkelijk van uitgegaan dat leerlingen door het gebruik van een aansprekende aanleercontext voldoende lokaal worden gemotiveerd. In dit onderzoek wordt er van uitgegaan dat onderwijs gericht op contexten alleen tot zinvol-leren leidt als de gekozen aanleercontext, en de gekozen verwerwings-, verwerkings- en toepassingscontexten leerlingen aanspreken, voor de leerlingen relevant zijn en een probleem bevatten dat door de leerlingen zelf als probleem wordt herkend, waardoor zij voldoende globaal en lokaal worden gemotiveerd (Van Oers, 1987; Lijnse, 1993).

3.3 Opzet van het curriculum

De volgende stap die gezet moet worden is het ontwikkelen van een structuur voor het curriculum. In deze structuur wordt rekening worden gehouden met de keuzes die in de voorafgaande paragrafen besproken zijn:

- De geselecteerde onderwerpen voor het curriculum: risico, lichaamsprocessen, dosis-effect relaties en normen (zie hoofdstuk 2).
- De onderwijsdoelen (zie hoofdstuk 2).
- Het begripsontwikkelingsmodel.
- Het gebruik van contexten.

Binnen dit onderzoek is gekozen voor de aanleercontext 'schadelijke stoffen in voeding'. Allereerst omdat dit aansluit bij situaties uit het dagelijks leven en daardoor de leerlingen waarschijnlijk zal aanspreken. Ten tweede omdat deze aanleercontext zich leent voor behandeling van de geselecteerde onderwerpen:

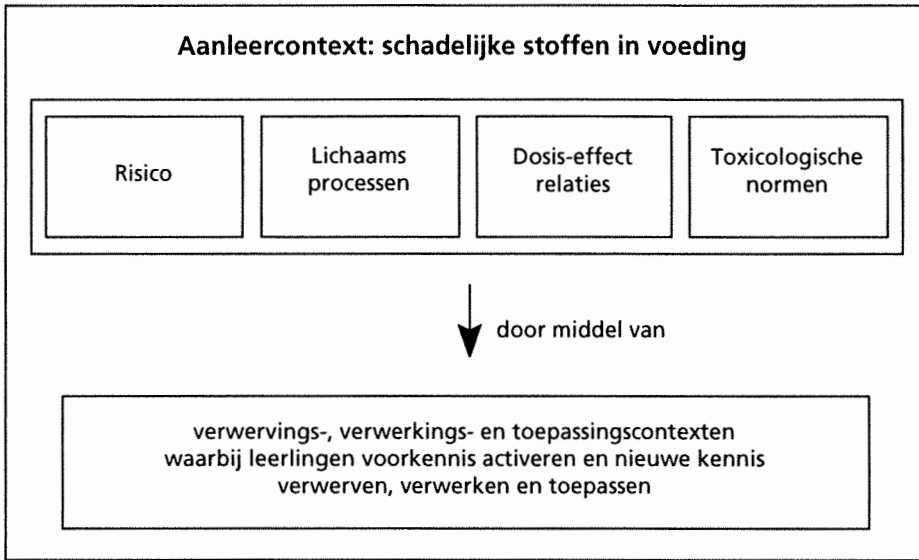
- Risico (Vind ik bepaalde voedingsmiddelen schadelijk?).
- Lichaamsprocessen (Hoe reageert het lichaam op inname van schadelijke stoffen?).
- Dosis-effect relaties (Onder welke omstandigheden heeft een stof een schadelijke effect?).
- Normen (Welke normen bestaan er ten aanzien van schadelijke stoffen in het voedsel en wat is de betekenis ervan?).

De volgorde waarin de onderwerpen zullen worden aangeboden en de keuze voor contexten en leerlingactiviteiten zullen hieronder beschreven worden.

Het onderwerp 'risico' vormt de inleiding. Dit onderwerp dient om leerlingen via toepassingscontexten kennis te laten maken met de aanleercontext en leent zich voor het activeren van de voorkennis van leerlingen over de reactie van het lichaam op blootstelling aan schadelijke stoffen, over dosis-effect relaties en normen (vijfde curriculum-doelstelling).

Vervolgens wordt aandacht besteed aan het onderwerp lichaamsprocessen. Binnen dit onderzoek wordt de mens gezien als een systeem dat in wisselwerking staat met zijn omgeving. Kennis over de samenhang tussen lichaamsprocessen is voorwaarde om te kunnen begrijpen dat niet elke dosis van een stof tot een schadelijk effect leidt, maar dat dit afhangt van het vermogen van het lichaam om stoffen af te breken, uit te scheiden of op te slaan. Bij het onderwerp risico is een deel van de voorkennis over lichaamsprocessen geactiveerd. Door het gebruik van relevante toepassings- en verwervingscontexten wordt de overige voorkennis geactiveerd. Vervolgens worden leerlingen gestimuleerd om aan de hand van relevante achtergrondinformatie in de vorm van verwervings-, verwerkings- en toepassingscontexten hun denkbeelden, indien nodig, bij te stellen en inzicht te verkrijgen in de betekenis van de lichaamsprocessen: opname, transport, afbraak, uitscheiding en opslag en in de onderlinge samenhang tussen deze processen (eerste curriculum-doelstelling). Hierbij is het essentieel dat een leerling gaat inzien dat een organisme het vermogen heeft tot zelfhandhaving en in staat is om een intern evenwicht te handhaven bij blootstelling aan versturende factoren van buitenaf. Dit laatste is een belangrijke voorwaarde bij het begrijpen van het dosis-effect principe, het onderwerp waarop als derde wordt ingegaan (tweede curriculum-doelstelling). Dit onderwerp komt eveneens via aansprekende verwerving-, verwerkings- en toepassingsopdrachten aan de orde. Hierdoor worden leerlingen gestimuleerd om actief deel te nemen aan het onderwijsproces om, zo nodig, eigen ideeën met betrekking tot dosis-effect relaties bij te stellen en om kennis te integreren in hun cognitieve structuur. Leerlingen beseffen vaak wel dat het effect van een stof afhangt van onder meer de dosis, maar brengen deze kennis niet in verband met blootstellingstijd, lichaamsgewicht en lichaamsprocessen. Als een leerling bekend is met regulerende lichaamsprocessen als afbraak, uitscheiding en opslag van stoffen, zal het voor hem aannemelijk worden dat niet elke dosis van een stof schadelijk is en dat de factoren, tijd en gewicht mede bepalend zijn voor de mate van verstoring van het evenwicht binnen een organisme.

Ook voor het begrijpen van de betekenis van toxicologische normen is het noodzake-



figuur 3.2.
Structuur voor de lessenserie 'Alles is giftig?'.

lijk dat leerlingen inzicht hebben in de samenhang van lichaamsprocessen (derde curriculum-doelstelling). Hiertoe wordt hun kennis over normen geactiveerd en komen verschillende normen en hun betekenis door middel van verwervings-, verwerkings- en toepassingscontexten aan de orde. Daarbij moet het duidelijk worden dat eenmalige overschrijding van een toxicologische norm zelden leidt tot acute schadelijke gevolgen, omdat het lichaam veelal in staat is een dergelijke hoeveelheid van een stof te verwerken.

Om toxicologische kennis en kennis over lichaamsprocessen toe te kunnen passen bij het lezen van een artikel over schadelijke stoffen in voeding, is het noodzakelijk dat leerlingen doelstelling één, twee, drie en vijf (zie paragraaf 2.5) bereikt hebben. De hierboven beschreven structuur staat weergegeven in figuur 3.2.

3.4 Onderzoeksvragen

De beredeneerde structuur voor het curriculum 'Alles is giftig?' dient nog uitgewerkt te worden tot concreet onderwijs, dat vervolgens in de praktijk wordt beproefd (hoofdstuk vier). Een centraal aandachtspunt bij het beproeven zal zijn in hoeverre deze structuur leidt tot zinvol-leren bij leerlingen. Het onderzoek zal zich dan ook richten op beantwoording van de volgende drie vragen.

Brengt het ontwikkelde curriculum leerlingen tot geïntegreerde kennis, i.c. inzicht in de samenhang tussen verschillende lichaamsprocessen?

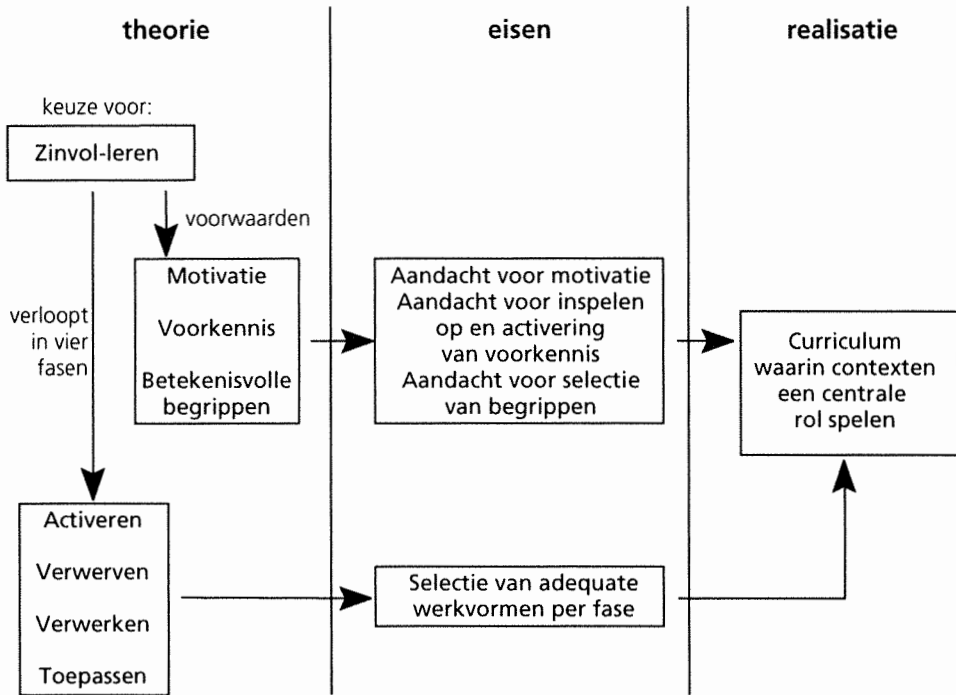
Zoals in de inleiding is gezegd, worden binnen het huidige biologie-onderwijs onderwerpen met betrekking tot verschillende functies van het menselijk lichaam vaak versnipperd aangeboden in het lesmateriaal. Dit kan tot gevolg hebben dat leerlingen weinig verbanden zien tussen de verschillende onderwerpen die aan de orde komen. De meeste leerlingen hebben geen beeld van het lichaam als een samenwerkend geheel, bestaande uit verschillende deelsystemen, dat in staat is zich zelf te handhaven in een veranderende omgeving. Om te bereiken dat leerlingen dit beeld wel krijgen, moet voorkennis geactiveerd worden en moeten leerlingen gestimuleerd worden hun kennis over de onderlinge relaties tussen de deelprocessen uit te breiden en/of bij te stellen. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van verwervings-, verwerkings- en toepassingscontexten rond 'schadelijke stoffen in voeding', waarin aandacht wordt gevraagd voor de reacties van het lichaam op blootstelling aan schadelijke stoffen.

Leidt het ontwikkelde curriculum ertoe dat leerlingen gemotiveerd hun eigen ideeën rond het thema 'vergift' bijstellen en/of uitbreiden?

Inspelen op voorkennis lijkt een voor de hand liggende zaak, maar is in praktijk niet eenvoudig, omdat in een klas twintig à dertig leerlingen zitten met elk een eigen arsenaal aan begrippen en betekenissen. Ten aanzien van begrippen rond 'vergift' zullen leerlingen alternatieve denkbeelden hebben. Begrippen als dosis, norm en effect zullen voor leerlingen waarschijnlijk geen 'toxicologische betekenis' hebben. Bij norm zullen leerlingen bijvoorbeeld eerder denken aan norm in de betekenis van overgangsnorm voor toelating tot het volgende schooljaar, dan aan de toxicologische betekenis. Het is de vraag in hoeverre leerlingen onder invloed van een lessenserie, waarin contexten een centrale rol spelen worden gemotiveerd om deze alternatieve concepten bij te stellen en/of uit te breiden.

Bevordert het gebruik van contexten binnen het ontwikkelde curriculum de wendbaarheid van verworven en verwerkte kennis?

In de exameneisen wordt als doelstelling genoemd dat leerlingen hun schoolkennis over biologie kunnen toepassen in de maatschappij. Bij toepassen, als laatste fase in het begripsontwikkelingsmodel, is het nodig dat leerlingen hun kennis activeren. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de kennis van leerlingen in verschillende netwerken is opgeslagen binnen de cognitieve structuur die met elkaar in verbinding staan. Een netwerk bestaat uit meerdere begrippen en hun onderlinge relaties. Bij het oplossen van een probleem wordt een begrip uit een netwerk geactiveerd, waarna het gehele netwerk als het ware over een probleem heen wordt gelegd (Van Parreren, 1987). De vraag is echter hoe bereikt kan worden dat leerlingen bij een bepaald probleem het juiste netwerk activeren. In de literatuur wordt in dit verband vaak gesproken over de kloof tussen leefwereldkennis en schoolkennis en over het vermijden van een dergelijke kloof (Driver, 1988; Solomon, 1994). In dit onderzoek zal onderzocht worden of door het gebruik van contexten leerlingen een cognitieve structuur ontwikkelen, waarin zowel begrippen afkomstig uit de vakdiscipline als begrippen uit het dagelijks leven met elkaar in relatie staan, waardoor het toepassen van kennis in nieuwe situaties eenvoudiger wordt.

**figuur 3.3.**

Schematische samenvatting van hoofdstuk 3.

3.5 Samenvatting

In dit hoofdstuk staat beschreven welke leertheoretische uitgangspunten zijn gekozen om de vraag te kunnen beantwoorden *hoe* het curriculum ingericht moet worden. In figuur 3.3 wordt hiervan een schematische samenvatting gegeven.

Hoofdstuk 4

Vormgeving van het curriculum

Het in dit proefschrift beschreven onderzoek is curriculumonderzoek. De ontwikkeling van het curriculum 'Alles is giftig?' is, in overeenstemming met de huidige opvattingen over curriculumonderzoek, cyclisch opgezet (Goedhart, 1990; Lijnse, 1993). Dit houdt in dat het onderzoek in meerdere rondes wordt uitgevoerd. In een eerste onderzoeksrunde zal een curriculum ¹.

worden ontwikkeld dat rekening houdt met de onderwijspraktijk ².

Daarnaast worden in deze ronde de evaluatie-instrumenten gekozen/gemaakt en worden het ontwikkelde curriculum en de evaluatie-instrumenten beproefd. Vervolgens vindt in de tweede onderzoeksrunde, op grond van analyseresultaten uit de eerste ronde, bijstelling van het curriculum en van de evaluatiemethoden plaats.

Een toelichting op de gemaakte keuzes ten aanzien van didactische werkvormen en contexten wordt gegeven in paragraaf 4.1. Een beschrijving van het curriculum voor

¹ Met een curriculum wordt binnen dit proefschrift een curriculum op micro-niveau bedoeld, dat in navolging van Nijhof (1993) wordt omschreven als een instrument dat leerprocessen oproept, begeleidt of stuurt. Onder een curriculum wordt dus verstaan, het lesmateriaal voor de leerlingen, de docentenhandleiding en verdere suggesties van de onderzoeker voor inrichting van het onderwijs.

² Dit is in overeenstemming met de huidige ontwerpmethodologische opvatting dat ontwikkeling en onderzoek het best kunnen plaatsvinden in een zoveel mogelijk levensechte situatie, waarbij inbreng van docenten wenselijk is.

de eerste onderzoeksrunde volgt in paragraaf 4.2. Tot slot wordt in paragraaf 4.3 beschreven op welke punten het curriculum van de eerste onderzoeksrunde is gerevisieerd voor de tweede onderzoeksrunde.

4.1 Vormkenmerken en didactische werkvormen

4.1.1 Vormkenmerken van het curriculum

Voordat de keuze van didactische werkvormen wordt besproken, wordt stilgestaan bij de vormkenmerken van de leerinhoud. Bij het uitwerken van de leerinhoud is met name aandacht besteed aan het motiveren van leerlingen, omdat dit van groot belang is bij het begripsontwikkelingsproces (zie paragraaf 2.2). Hermans, (1986) onderscheidt in dat verband drie criteria:

- *Het eerste criterium: de leerinhoud moet voldoende uitdagend zijn.*

Dit criterium houdt in dat de opdrachten die worden aangeboden adequaat zijn en problemen bevatten die de leerlingen (lokaal) motiveren. Met adequaat wordt bedoeld dat het bekende en onbekende, het verwachte en onverwachte evenwichtig over de leerstof zijn verdeeld. Bijvoorbeeld: een inleidende vraag naar iets bekends kan een leerling motiveren een opdracht te maken, terwijl het starten met een vraag die door een leerling als onbekend en moeilijk wordt ervaren, hem zal demotiveren.

In het curriculum is hiermee rekening gehouden door opdrachten in verschillende vormen aan te bieden en een opdracht zodanig te formuleren dat hij leerlingen aanspreekt en een probleem bevat dat ook werkelijk door de leerlingen als een probleem wordt ervaren. Verder is in het curriculum met dit criterium rekening gehouden door de opdrachten zo te rangschikken dat leerlingen door het maken van de opdrachten eerst zelf over een bepaald probleem nadenken, alvorens zij het antwoord kunnen vinden door middel van een andere opdracht of rechtstreeks in de tekst.

- *Het tweede criterium: de leerinhoud moet betekenisvol zijn* (Hermans, 1986).

Dit criterium moet in samenhang worden gezien met het eerste criterium en is gebaseerd op één van de uitgangspunten van zinvol-leren, namelijk dat de leerstof voor de leerlingen betekenis moet hebben en zo mogelijk ook toepasbaar moet zijn in de leefwereld van de leerlingen. Met dit tweede criterium is rekening gehouden door opdrachten en teksten aan te laten sluiten op de voorkennis van leerlingen en door voorbeelden te kiezen die voor leerlingen herkenbaar zijn. Zo wordt de rol van de factor tijd in dosis-effect relaties door leerlingen zelf beschreven aan de hand van een opdracht over het effect van aspirine op hoofdpijn.

- *Het derde criterium: de leerstof moet begrijpelijk zijn.*

Hierbij kan men een drietal eisen onderscheiden (Hermans, 1986; De Corte et al., 1981):

- Het lesmateriaal moet een heldere structuur hebben. In de layout van het curriculum komt dit naar voren door elk hoofdstuk de volgende opbouw te geven: een korte inleiding, opdrachten, kleine stukjes tekst, ruimte voor aantekeningen, een samenvatting met de belangrijkste punten uit het hoofdstuk en een speciaal gemarkeerd rubriekje waarin wetenswaardigheden opgenomen zijn

- over schadelijke stoffen in voedsel.
- De tekst moet een heldere doch niet te simpele zinsbouw hebben. Als de tekst te complex geformuleerd is haken leerlingen af. Is de tekst echter te simpel, dan zal dat de betrokkenheid van de leerlingen bij de tekst niet bevorderen.
 - De leerstof moet voldoende variatie bevatten, zowel in de verhouding van omvang van opdrachten en leestekst als in de vorm van de opdrachten en tekst afzonderlijk.

Om variatie in leerstof te brengen zijn de leesteksten in verschillende vormen opgenomen, variërend van een enkele explicatieve tekst tot 'denkbeeldige' onderzoeksrapporten. Daarnaast zijn er verschillende schema's, tabellen en grafieken opgenomen. Tevens is er variatie in de typen opdrachten aangebracht.

4.1.2 Didactische werkvormen

Bij het kiezen van didactische werkvormen kunnen verschillende criteria worden gehanteerd. Dekker (1980) gaat bijvoorbeeld uit van doelstellingen en Lodewijks (1981) van beginsituaties. In dit proefschrift wordt in navolging van Hermans (1986) en in aansluiting op de theoretische uitgangspunten, het niveau van informatieverwerking als criterium gebruikt.

In paragraaf 3.1.2 zijn in het begripsontwikkelingsproces vier fasen onderscheiden:

- Activeringsfase, waarin reeds aanwezige kennis wordt geactiveerd.
- Verwervingsfase, waarin nieuwe begrippen en proposities worden verworven.
- Verwerkingsfase, waarin nieuwe kennis wordt ingebouwd in de eigen cognitieve structuur.
- Toepassingsfase, waarin verworven kennis wordt toegepast in/op nieuwe situaties.

Elke fase vereist eigen didactische werkvormen. Hieronder wordt kort toegelicht welke werkvormen voor elk van de vier fasen zijn gekozen:

- *Activeringsfase:*

Eén van de eisen van zinvol-leren is dat leerlingen nieuwe informatie kunnen koppelen aan aanwezige kennis (zie hoofdstuk 3). In het lesmateriaal zijn verschillende opdrachten opgenomen om een leerling zich bewust te laten worden van zijn kennis met betrekking tot risico, lichaamsprocessen, dosis-effect relaties en toxicologische normen. Om voorkennis over risico te activeren is bijvoorbeeld een opdracht opgenomen waarbij leerlingen moeten nadenken over gezondheidsrisico's samenhangend met voeding (zie tabel 4.1).

Naar aanleiding van een krantenartikel over fruittelers die werken met pesticiden wordt aan leerlingen gevraagd de weg van een pesticide door het lichaam te beschrijven. Daarna volgt een opdracht waarbij leerlingen aan de hand van beweringen over de werking van de lever en de nieren moeten nadenken. Het onderwerp dosis-effect wordt geïntroduceerd door middel van een video met opdrachten over de lichamelijke reacties van verschillende soorten dieren op het eten van gegist fruit. Activatie van de kennis over toxicologische normen wordt gedaan door een onderwijsleergesprek naar aanleiding van een video over proefdiergebruik.

Tabel 4.1

De risico-test. Hierbij moeten leerlingen een cijfer van 1-5 geven voor de kans op schadelijke effecten van de genoemde potentiële gezondheidsbedreigingen samenhangend met voeding (1 = is hoogste kans). Vervolgens kunnen leerlingen hun uitkomst vergelijken met die van deskundigen.

Potentiële gezondheidsbedreiging	Risico-inschatting van hoog naar laag volgens leerlingen	Risico-inschatting van hoog naar laag volgens deskundigen
Schadelijke stoffen die door milieu- verontreiniging in het voedsel zijn gekomen	1	4
Voedselvergiftiging door onhyginische omstandigheden	2	2
Schadelijke stoffen die van nature in voedsel zitten	3	3
Verkeerde voedingsgewoontes	4	1
Kleur- en smaakstoffen die aan voedsel worden toegevoegd	5	5

- *Verwervingsfase:*

In het curriculum zijn verschillende typen opdrachten opgenomen waarmee leerlingen betekenis kunnen geven aan geïntroduceerde begrippen. Er zijn opdrachten waarbij leerlingen, in groepjes werkend, de betekenis van een begrip ontdekken. Daarnaast zijn er opdrachten die als inleiding fungeren bij een tekst waarin een afgeronde hoeveelheid informatie wordt gepresenteerd die door de leerlingen individueel of in groepjes wordt bestudeerd.

- *Verwerkingsfase:*

Ter bevordering van het integratieproces worden leerlingen door middel van opdrachten aangezet tot uitwisseling van kennis. Er wordt van uitgegaan dat de beste manier om leerlingen te helpen bij het verwerken van informatie het creëren van een situatie is waarin zij:

- al pratend samen kunnen nadenken;
- vragen beantwoorden die hen aanzetten tot nadenken;
- vragen kunnen stellen om een onduidelijke samenhang te verhelderen (Boekaerts, 1982).

In het curriculum is een aantal opdrachten opgenomen die gericht zijn op verwerking van kennis. Bijvoorbeeld een opdracht over voedselvergiftiging, waarbij leerlingen nadenken over de weg van voedsel door het lichaam.

- *Toepassingsfase:*

In het toepassen van kennis onderscheidt Boekaerts twee hoofdvormen: argumentatievormen en doe-taken (Boekaerts & Simons, 1993). Voorbeelden van argumentatievor-

men zijn discussie en debat, voorbeelden van doe-taken zijn rollenspel en groepsopdrachten. Als argumentatievorm is een discussie over kleurstoffen in voeding opgenomen. Als doe-taak is een rollenspel opgenomen aan het eind van het hoofdstuk over toxicologische normen. Hierbij vormt elk groepje leerlingen een commissie die een nieuwe MAC moet vaststellen voor houtstof. Daarnaast zijn er opdrachten in het curriculum opgenomen, gebaseerd op krantenartikelen en bestaande uit een aantal open vragen en een briefopdracht ³ (bijlage 2, casustoets 3).

4.2 Het curriculum voor de eerste onderzoeksronde

In het vervolg van dit proefschrift zal onderscheid worden gemaakt in het geschreven, het uitgevoerde, het ervaren en het geleerde curriculum (Van den Akker & Plomp, 1994). Met geschreven curriculum wordt het lesmateriaal en de bijbehorende docentenhandleiding bedoeld, met andere woorden het curriculum zoals de ontwikkelaar beoogt dat het in de klas behandeld wordt. Het uitgevoerde curriculum is het feitelijk onderwijsleerproces in de klas, waarbij docent en leerlingen met het lesmateriaal werken. Met het ervaren curriculum wordt het curriculum bedoeld zoals dat door de leerlingen is ervaren. Onder het geleerde curriculum wordt verstaan hetgeen leerlingen hebben opgestoken van het curriculum, blijktens de toetsresultaten.

4.2.1 Het geschreven curriculum

In deze paragraaf wordt in tabelvorm een beschrijving gegeven van het curriculum 'Alles is giftig?' dat in de eerste onderzoeksronde tot stand kwam.

Voor het bepalen van het leerniveau waarop het curriculum moest worden afgestemd, is uitgegaan van de voorkennis waarover het merendeel van de leerlingen beschikte. Dit betekent dat er een aantal leerlingen is met relatief meer voorkennis en een aantal leerlingen met relatief minder voorkennis.

Het curriculum bevat een werkboek ⁴ voor leerlingen en een docentenhandleiding. In tabel 4.2 staat een overzicht van de lesdoelen, leerstof, leerlingactiviteiten en docentactiviteiten van het geschreven curriculum.

4.2.2 Het uitgevoerde curriculum

Het curriculum is tijdens de eerste onderzoeksronde geëvalueerd aan de hand van de volgende vragen:

- Zijn de opdrachten in het curriculum voor de leerlingen duidelijk?
- Worden leerlingen door de opdrachten in de richting geleid die de ontwikkelaar beoogde in het geschreven curriculum?
- Welke argumenten gebruiken leerlingen bij het beantwoorden van de verschillende vragen?
- Handelt de docent in overeenstemming met het geschreven curriculum?

³ Deze opdrachten dienen binnen dit onderzoek als evaluatie-instrument (zie hoofdstuk 5.2).

⁴ Dit werkboek bestaat uit opdrachten en leesteksten en heeft ruimte voor eigen aantekeningen.

Hoofdstuk 4

Tabel 4.2

Overzicht van de doelstellingen, leerstof, leerling- en docentactiviteiten van het geschreven curriculum 'Alles is giftig?'. De nummers per leerstofdeel corresponderen met overeenkomstige nummers van de leerling- en de docentactiviteiten.

Hoofdstuk 1: Risico

Cognitieve doelstellingen	-	Leerlingen kunnen verwoorden wat een risico is.
Affectieve doelstelling	-	Leerlingen worden zich bewust van hun intuïtieve opvattingen ten aanzien van verschillende gezondheidsrisico's met betrekking tot voeding.
Leerstof	1	Inleidende tekst over mogelijke gezondheidsrisico's van voeding.
	2	Opdracht waarbij leerlingen in groepjes uit twee varianten van een voedingsmiddel (dubbelzoute drop of Engelse drop) de variant moeten kiezen die het minst schadelijk is voor de gezondheid. Zij ontdekken dat risicobeleving persoonsafhankelijk is.
	3	Leerlingen vergelijken verschillende gezondheidsrisico's met betrekking tot voeding. Zij ontdekken dat bij het inschatten van risico gevoelsmatige en verstandelijke argumenten een rol spelen.
Leerlingactiviteiten	1	Leerlingen lezen de inleiding.
	2	Leerlingen maken beargumenteerde keuzes uit de verschillende combinaties van voedingsmiddelen en bespreken hun keuze in groepjes.
	3	Leerlingen vullen in groepjes een risico-test in waarbij ze vijf gezondheidsrisico's met betrekking tot voeding onderling vergelijken en een rangorde aanbrengen van een groot risico voor de gezondheid naar een klein risico voor de gezondheid. Vervolgens vergelijken leerlingen hun uitkomst met de rangorde zoals die door deskundigen wordt gegeven (zie tabel 4.1).
Docentactiviteiten	1	Procesbegeleiding.
	2	Leerlingen stimuleren om zelf argumenten te bedenken in groepen. Leiden van nabespreking.
	3	Leerlingen stimuleren om zelf argumenten te bedenken in groepen. Leiden van nabespreking. Op het bord een overzicht maken van verschillende waarderingen van leerlingen.

Hoofdstuk 2: Lichaamsprocessen

Cognitieve doelstellingen	- Leerlingen kunnen de volgende lichaamsprocessen beschrijven en de onderlinge samenhang aangeven: - Opname van stoffen via: luchtwegen, het darmstelsel en de huid. - Transport van stoffen via het bloed. - Uitscheiding van stoffen via de nieren, darmen, longen en zweetklieren. - Afbraak van stoffen door de lever. - Opslag van stoffen in het vet van bepaalde organen.
Inhoud	1 Stoffen kunnen worden opgenomen via de longen, het darmstelsel of de huid. 2 Stoffen worden via het bloed door het lichaam verspreid. 3 De afbraak van stoffen gebeurt in de lever. 4 De nieren scheiden stoffen uit door het bloed te filteren. 5 Als de lever en de nieren schadelijke en overbodige stoffen niet voldoende kunnen afbreken en uitscheiden, worden de stoffen in andere organen gebonden. Indien deze organen worden aangetast kunnen er ziektes ontstaan.
Leerlingactiviteiten	1 Beantwoorden van vragen over de opnamewegen van verschillende stoffen aan de hand van fragmenten uit boeken en kranten. 2 Leerlingen beschrijven de weg door het lichaam van twee stoffen die een nadelig effect op de gezondheid kunnen hebben. 3/4 Leerlingen toetsen hun voorkennis over de werking van de lever en de nieren aan de hand van een aantal beweringen. Daarna lezen ze een tekst over de functies van deze organen. 5 Leerlingen maken een opdracht over borstvoeding om zo te ontdekken dat schadelijke stoffen in vet opgeslagen kunnen worden.
Docentactiviteiten	1 Begeleiden, leerlingen helpen met het formuleren van vragen en argumenten. Nabespreken. 2 Begeleiden, leerlingen helpen met het formuleren van vragen en argumenten. Nabespreken met behulp van tekening op sheet. 3/4/5 Begeleiden, leerlingen helpen met het formuleren van vragen en argumenten. Nabespreken.

Hoofdstuk 3. Dosis-effect relaties

Cognitieve doelstellingen	- Leerlingen kunnen aangeven hoe de variabelen dosis, tijd en lichaamsgewicht van invloed kunnen zijn op de toxiciteit van een stof. - Leerlingen kunnen rekenen met gegeven concentraties en kunnen mede op grond van deze gegevens aangeven of een stof bij normale blootstelling wel/niet schadelijk is voor de mens - Leerlingen kunnen een dosis-effect relatie grafisch weergeven. - Leerlingen kunnen informatie uit een krantenartikel of andere tekst over dosis/effect-relaties gebruiken bij het maken van een beoordeling over het wel/niet schadelijk zijn van een bepaalde stof.
Inhoud	1 Het effect van een stof op een persoon hangt af van de concentratie, dat wil zeggen de hoeveelheid stof (dosis) die ingenomen is per kilogram lichaamsgewicht. 2 De factor tijd is medebepalend voor het effect van een bepaalde dosis; hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de opnametijd en de werkingsduur. 3 ADI geeft aan het aantal milligrammen van een stof dat per kilogram lichaamsgewicht per dag mag worden ingenomen, uitgaande van levenslange blootstelling.
Leerlingactiviteiten	1 Leerlingen kijken naar een fragment van de <i>Allermooiste dierenfilm</i> waarin verschillende dieren van gistend fruit eten. De leerlingen ontdekken met behulp van een opdracht naar aanleiding van deze video de invloed van het lichaamsgewicht op dosis-effect relaties. 2 Door het maken van een aantal grafieken over de werking van aspirine en alcohol ontdekken de leerlingen de invloed van de factor tijd op dosis-effect relaties. 3^a Leerlingen maken opdrachten over de ADI. Bijvoorbeeld: zij berekenen de hoeveelheid nitraat die in een maaltijd zit en bepalen of deze hoeveelheid schadelijk voor hen is. 3^b Leerlingen leveren een inhoudelijke bijdrage aan een onderwijsleergesprek over niet-natuurlijke en natuurlijke kleurstoffen.
Docentactiviteiten	1 Video tonen, begeleiden, leerlingen helpen met het formuleren van vragen en argumenten. 2/3^a Begeleiden, leerlingen helpen met het formuleren van vragen en argumenten. 3^b Snoep ronddelen met natuurlijke en niet-natuurlijke kleurstoffen en een discussie houden over kleurstoffen.

Hoofdstuk 4. Normstelling en wetgeving

Cognitieve doelstellingen	-	Leerlingen kunnen de begrippen MAC, ADI, MIC, advieswaarde en norm productief gebruiken.
	-	Leerlingen kunnen aangeven via welke stappen een norm tot stand komt.
	-	Leerlingen kunnen argumenten ontlelen aan kennis uit de lessenserie en gebruiken in situaties uit het dagelijks leven.
Inhoud	1	Een advieswaarde komt tot stand via vier stappen: - onderzoek - omrekenen naar de mens - omrekenen met de veiligheidsfactor - afwegen van belangen.
	2	Drie belangrijke advieswaarden zijn de ADI, MAC en MIC. De ADI geeft aan het aantal milligrammen van een stof dat per kilogram lichaamsgewicht per dag mag worden ingenomen, uitgaande van levenslange blootstelling. De MAC geeft aan het maximale aantal milligrammen van een stof per kubieke meter lucht dat toegelaten is op de werkplek. De MIC geeft aan het maximale aantal milligrammen van een stof per kubieke meter lucht op immissieniveau (leefniveau).
Leerlingactiviteiten	1 ^a	Leerlingen beantwoorden vragen naar aanleiding van een video over proefdiergebruik.
	1 ^b	Leerlingen voeren een rollenspel uit over het vaststellen van een norm, waarbij verschillende partijen met elk hun eigen belangen onderhandelen over de hoogte van een norm.
	2	Leerlingen stellen aan de hand van mondelinge uitleg van de docent een schema samen waarin van verschillende toxicologische waarden en normen wordt aangegeven op welk gebied ze betrekking hebben.
Docentactiviteiten	1 ^a	Tonen van de video, begeleiden, leerlingen helpen met het formuleren van vragen en argumenten. Nabespreking leiden.
	1 ^b	Proces begeleiden, leerlingen helpen met het formuleren van vragen en argumenten. Nabespreking leiden.
	2	Onderwijsleergesprek houden en schema opzetten

Om een antwoord op deze vragen te krijgen is door middel van observaties, direct in de klas en via video-opnames, onderzocht hoe het curriculum is uitgevoerd.

Methode

Alle lessen zijn opgenomen op videocassette. De docent is met een videocamera gevolgd om vast te leggen hoe hij met het geschreven curriculum is omgegaan en op welke manier hij leerlingen heeft begeleid, gemotiveerd en gestimuleerd.

Daarnaast zijn er vier individuele leerlingen geselecteerd ⁵.

Hiervan zijn alle gesprekken die tijdens de lessen zijn gevoerd op geluidscassette opgenomen. Ook zijn de lessen door twee onderzoekers geobserveerd. Eén onderzoeker maakte een beschrijving van de verschillende activiteiten van de leerlingen en van de docent gedurende de les. De andere onderzoeker heeft, als aanvulling op de video-opnames, genoteerd welke vragen er door de leerlingen werden gesteld, om te voorkomen dat er vragen gemist zouden worden als deze op de video-opnames onverstaanbaar zouden zijn. Ook heeft deze onderzoeker genoteerd op welke plaatsen de docent afweek van het geschreven curriculum. Aan de hand van de verzamelde gegevens is na afloop van elke les een nabespreking gehouden met de docent om het verloop en de uitvoering van de les te bespreken.

Analyse en resultaten

Van de audio- en video-opnames zijn verbale-protocollen gemaakt. De gegevens van de observaties zijn gebundeld en geanalyseerd.

Aan de hand van deze analyse is voor elk hoofdstuk van het curriculum een lijst gemaakt van punten waarop het curriculum moest worden aangepast. Deze aanpassingen varieerden van het herformuleren van zinnen tot het schrappen van opdrachten of het formuleren van nieuwe opdrachten. Het voert te ver deze resultaten hier allemaal op te nemen. Ik beperk me tot het noemen van enkele algemene zaken en de belangrijkste punten per hoofdstuk.

Algemene punten:

- Het curriculum bevatte veel korte opdrachten. Het maken van vele korte opdrachten was niet bevordelijk voor de motivatie van leerlingen; leerlingen zagen niet de kern van de problemen die in de opdrachten aan de orde kwamen.
- Enkele hoofdstukken bevatten losse tekst. Leerlingen lazen dergelijke teksten vluchtig door zonder dat zij vooraf door een opdracht gemotiveerd werden om de tekst zorgvuldig te bestuderen.
- De structuur van het lesmateriaal was helder, maar de bedoeling van de verschillende hoofdstukken kon nog duidelijker naar voren komen.

⁵ Deze leerlingen behoren tot de 'middenmoot' en zijn als volgt gekozen: de rapportcijfers voor biologie en scheikunde zijn opgeteld. Deze waarden zijn in oplopende volgorde gerangschikt. De vier leerlingen met cijfers rond de mediaan zijn vervolgens benaderd om mee te werken aan het onderzoek.

- De leerlingen werden voldoende globaal gemotiveerd door de aanleercontext 'schadelijke stoffen in voeding'. Daarnaast zijn de leerlingen door de meeste verwervings-, verwerkings- en toepassingscontexten voldoende lokaal gemotiveerd.
- Aan integratie binnen de hoofdstukken is voldoende aandacht besteed. Maar er moet nog meer aandacht gegeven worden aan integratie van de verschillende hoofdstukken.

Belangrijkste punten per hoofdstuk:

- *Hoofdstuk 1. Risico:*

Er is tijdens de lessen te weinig tijd besteed aan het uitwisselen van argumenten. De opdrachten in dit hoofdstuk, waaronder het invullen van de risico-test (tabel 4.1) hebben wel de beoogde reacties bij leerlingen opgeroepen, zoals verbazing en betrokkenheid, maar tijdens het groepswork is er te weinig tijd besteed aan het onderling verhelderen van argumenten.

- *Hoofdstuk 2. Lichaamsprocessen:*

Er is te weinig nadruk gelegd op integratie van de verschillende lichaamsprocessen en de rol van bloed als transportmiddel. Uit de resultaten bleek dat sommige leerlingen zich niet realiseerden dat bij bijna elk lichaamsproces bloed voor aanvoer en afvoer van stoffen zorgt. Ook waren er verschillende leerlingen die bij de opslag van stoffen niet dachten aan opslag van schadelijke stoffen, maar aan opslag van reservestoffen, het dikker worden dus.

- *Hoofdstuk 3. Dosis-effect relaties:*

Afgezien van de algemene punten hoefde hieraan weinig veranderd te worden.

- *Hoofdstuk 4. Toxicologische normen:*

Dit hoofdstuk werd door de leerlingen als saai ervaren. De leerlingen werden door de verschillende opdrachten niet gemotiveerd.

4.2.3 Het ervaren curriculum

Aan de hand van gesprekken met een aantal leerlingen en de docent en met behulp van vragenlijsten is onderzocht hoe de leerlingen en de docent het curriculum ervaren hebben.

Methode

Aan het einde van de eerste onderzoeksrunde hebben alle leerlingen een evaluatie-enquête ingevuld. De enquête is gericht op het krijgen van informatie over de bevindingen met het curriculum in het algemeen. In de enquête is aan de leerlingen gevraagd om op een vijfpuntsschaal aan te geven of ze het eens of oneens zijn met een uitspraak over het curriculum. De uitspraken hebben onder meer betrekking op de moeilijkheidsgraad van het lesmateriaal en de betekenis van het lesmateriaal voor het dagelijks leven. Verder is aan de leerlingen gevraagd welke onderdelen van het curriculum zij positief beoordelen, welke onderdelen ze vervelend vonden en in hoeverre de stof nieuw voor hen was.

Resultaten

Uit de enquête bleek dat het niveau van de vragen en de teksten in het curriculum volgens de meeste leerlingen makkelijk is. Verder gaven de meeste leerlingen aan dat ze door de lessenserie meer over de behandelde onderwerpen geleerd hebben. De helft van deze leerlingen wist, naar eigen zeggen, bij aanvang van de lessenserie weinig van de behandelde onderwerpen af. De andere helft gaf aan van te voren al aardig wat te weten over de behandelde onderwerpen. Het merendeel van de leerlingen gaf aan over de onderdelen normen en ADI het meest geleerd te hebben. Op de vraag of de informatie in het dagelijks leven bruikbaar is, gaf de helft van de leerlingen een neutraal antwoord, de andere helft gaf een bevestigend antwoord. De meeste leerlingen zijn van mening dat het aan te bevelen is dit lesonderwerp op te nemen in schoolboeken. Het leukste onderdeel uit de lessenserie vonden de leerlingen de toepassingsopdracht naar aanleiding van een ingezonden brief over kleurstoffen in snoep. Hierbij moesten de leerlingen als lid van een denkbeeldige redactie een antwoordbrief schrijven op een ingezonden brief van een moeder die bezorgd is over haar zoon, die door regelmatig snoepen kleurstoffen binnenkrijgt.

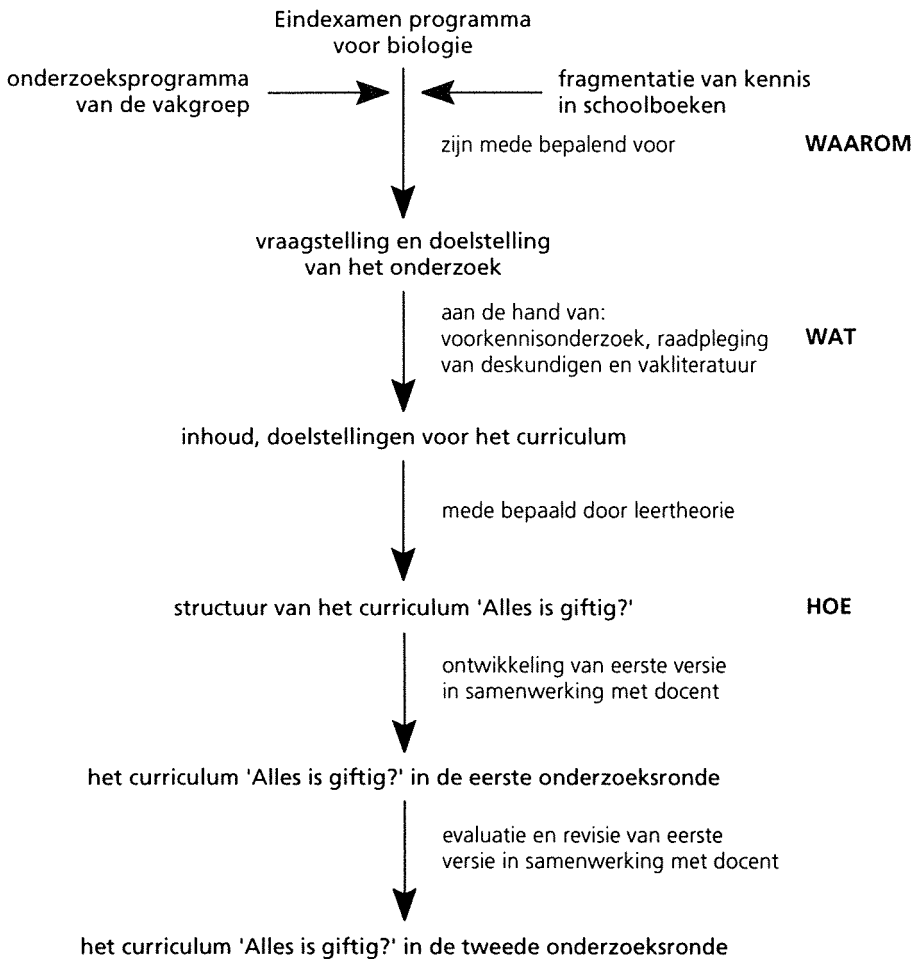
Conclusie

Op grond van de resultaten van het onderzoek naar het uitgevoerde curriculum en het ervaren curriculum is het curriculum gereviseerd. De globale opzet van het curriculum qua keuze en volgorde van onderwerpen, keuze van contexten en niveau kon worden gehandhaafd in de tweede onderzoeksronde.

4.3 Het gereviseerde curriculum voor de tweede onderzoeksronde

Het gereviseerde curriculum komt in grote lijnen overeen met het curriculum uit de eerste onderzoeksronde. De grootste verschillen tussen het curriculum uit de eerste onderzoeksronde en het gereviseerde curriculum uit de tweede onderzoeksronde zijn:

- Het aantal opdrachten is verminderd; kleine opdrachten zijn geschrapt, grotere opdrachten zijn uitgebreid waardoor het geheel voor de leerlingen minder versnipperd is (zie bijlage 3, pagina 159, 160, 161).
- Opdrachten waarbij leerlingen niet tot de kern van het probleem kwamen, zoals de ontwikkelaar beoogd had, zijn geherformuleerd (bijvoorbeeld de vraag over effecten op baby's, zie bijlage 3, pagina 160, 161).
- De hoeveelheid tekst in de hoofdstukken is verminderd en de leesteksten worden voorafgegaan door een inleidende opdracht (voorbeeld zie bijlage 3, pagina 157, 158).
- De inleidingen van elk hoofdstuk zijn herschreven, waardoor de bedoeling van de hoofdstukken nog duidelijker naar voren komt (zie bijlage 3, pagina 153, 154, 155).
- In de hoofdstukken is een aantal opdrachten opgenomen om integratie van kennis over lichaamsprocessen te bevorderen en om integratie van kennis uit de verschillende hoofdstukken te stimuleren (zie bijlage 3, pagina 163).



figuur 4.1

Overzicht van het ontwikkelingstraject van het curriculum 'Alles is giftig?'.

- Bij hoofdstuk vier over normstelling is een video ingelast als variant op mondelinge informatie-overdracht door de docent (zie bijlage 3, pagina 163).

4.4 Samenvatting

In dit hoofdstuk is het curriculum 'Alles is giftig?' beschreven zoals dat in de eerste en in de tweede onderzoeksronde is gebruikt. Als afronding van dit hoofdstuk is in figuur 4.1 een overzicht gegeven van het gehele ontwikkelingstraject van het curriculum 'Alles is giftig?'.

Hoofdstuk 5

Onderzoeksmethoden

De effectiviteit van het curriculum 'Alles is giftig?' is onderzocht in drie 4-vwo klassen, in twee onderzoeksronden. In de eerste onderzoeksrunde zijn het curriculum en de gekozen onderzoeksmethoden uitgeprobeerd. Aan de hand van de resultaten van de eerste onderzoeksrunde zijn het curriculum en de onderzoeksmethoden bijgesteld voor de tweede onderzoeksrunde.

In dit hoofdstuk wordt allereerst beschreven welke methoden zijn gebruikt om het effect van het curriculum 'Alles is giftig?' op de begripsontwikkeling van de leerlingen te onderzoeken. De conceptmap (paragraaf 5.1) is gebruikt om vast te stellen in hoeverre leerlingen een beeld hebben van de samenhang tussen lichaamsprocessen. De casustoets (paragraaf 5.2) diende om na te gaan in hoeverre leerlingen kennis over vergift en lichaamsprocessen kunnen toepassen op/in een nieuwe situatie. Informatie over de uitvoering van het curriculum is verzameld door het klasgebeuren rechtstreeks te observeren door audio- en video-opnames te maken en door gesprekken met de docent en de leerlingen te voeren. Daarnaast is door middel van vragenlijsten nagegaan hoe het curriculum ervaren is (paragraaf 5.3). In curriculumonderzoek wordt aan de inbreng van de docent veel waarde gehecht. Paragraaf 5.4 beschrijft hoe met de docent is samengewerkt. Een beschrijving van de onderzoeksgroepen staat in paragraaf 5.5. Als afsluiting wordt een tijdschema van de gebruikte methoden gegeven (paragraaf 5.6).

5.1 Conceptmap

Uitgaande van het principe van zinvol-leren heeft Novak (Novak & Gowin, 1984) de conceptmap ontwikkeld als hulpmiddel voor leerlingen om nieuwe begrippen onderling en met reeds aanwezige voorkennis in relatie te brengen. Een conceptmap is een diagram waarin begrippen en de onderlinge relaties tussen deze begrippen staan aangegeven. De conceptmap wordt vaak gebruikt als hulpmiddel voor leerlingen bij leren (Novak & Gowin, 1984; Roth & Roychoudhury, 1993). Daarnaast wordt de conceptmap gebruikt als evaluatiemiddel om een beeld te krijgen van de cognitieve structuur die een leerling op een bepaald moment heeft van een bepaald kennisgebied. Met een conceptmap kunnen verschillen worden opgespoord tussen leerlingen wat betreft hun vermogen om samenhang te zien tussen verschillende deelsystemen en begrippen (Novak, 1981; Lay-Dopyera, 1983; Novak & Gowin, 1984; Stuart, 1985; Moreira, 1985; Trochim, 1989; Wallace & Mintzes, 1990; Mason, 1992; Markham et al., 1994).

Binnen dit onderzoek worden conceptmaps gebruikt om vast te stellen of leerlingen in staat zijn om relaties te leggen tussen begrippen met betrekking tot respectievelijk: lichaamsprocessen, dosis-effect relaties en toxicologische normen.

5.1.1 Uitvoering

- *Eerste onderzoeksronde*

In de eerste onderzoeksronde hebben de leerlingen driemaal een conceptmap gemaakt: voorafgaand aan, halverwege en na afloop van de lessenserie. Om leerlingen vertrouwd te maken met deze methode, is een uitgebreide instructie gegeven en is als oefening een conceptmap over een ander thema gemaakt. Er zijn verschillende manieren waarop conceptmaps kunnen worden samengesteld (Novak & Gowin, 1984; Stuart, 1985; Hegarty-Hazel, 1991). Deze komen er allemaal op neer dat leerlingen losse begrippen op een vel papier schrijven, deze door middel van pijlen met elkaar in relatie brengen en vervolgens deze pijlen voorzien van een beschrijving van de aard van de relatie. Deze begrippen kunnen de leerlingen worden aangeboden of eerst door de leerlingen zelf worden bedacht. In dit onderzoek is gekozen voor het aanbieden van begrippen om de onderlinge vergelijkbaarheid van conceptmaps te vergroten. Bij elk van de drie toetsen hebben de leerlingen tweeëndertig kaartjes gekregen met op elk kaartje een begrip uit de lessenserie. Deze begrippen hadden betrekking op drie onderwerpen: lichaamsprocessen, dosis-effect relaties of normen (zie tabel 5.1). Daarnaast kregen de leerlingen ook een aantal blanco kaartjes waarop zij zelf, desgewenst, een begrip konden schrijven. Aan de leerlingen is gevraagd om individueel de begrippen over de drie onderwerpen te verdelen en per onderwerp een deel-conceptmap te maken. Door het gebruik van deze losse kaartjes konden de leerlingen net zolang schuiven tot zij een voorstelling hadden van de conceptmap die zij wilden maken. Deze conceptmap is vervolgens met behulp van etiketten ¹ op een antwoordvel overgenomen, waarna de on-

¹ Het voordeel van het werken met etiketten is dat de leerlingen geen tijd verliezen met het tekenen van hokjes.

Tabel 5.1

Overzicht van begrippen per onderwerp die leerlingen in de eerste onderzoeksrunde op losse kaartjes kregen aangeboden

Lichaamsprocessen	Dosis-effect relaties	Normering
opname van stoffen	dosis	toxicologisch onderzoek
transport door het bloed	effect	advieswaarde
opslag van stoffen	tijd	veiligheidsfactor
afbraak van schadelijke stoffen	persoonsafhankelijk	overheid
uitscheiding van stoffen	leeftijdsafhankelijk	belangenafweging
huid	lichaamsgewicht	normen
longen	chronisch	risico-inschatting
spijsverteringsstelsel	concentratie	economische belangen
nieren		ADI
lever		
vetweefsel		
aantasting organen		
urine		

derlinge relaties tussen de begrippen zijn getekend en omschreven.

Na afloop van elke toets is aan alle leerlingen gevraagd een toelichting te geven op hun conceptmap.

- *Tweede onderzoeksrunde*

Uit observaties tijdens de eerste onderzoeksrunde is gebleken dat leerlingen het vervelend vonden om bij elke toets drie deel-conceptmaps te maken respectievelijk over lichaamsprocessen, dosis-effect relaties en normen. Tevens bleek dat de deel-conceptmaps over dosis-effect relaties en normen weinig informatie opleverden over de kennis van de leerlingen met betrekking tot deze onderwerpen. Deze deel-conceptmaps bevatten bij de meeste leerlingen namelijk een beperkt aantal begrippen die door summier beschreven relaties met elkaar waren verbonden. Daardoor was het moeilijk om deze deel-conceptmaps te interpreteren.

Omdat de methode van conceptmapping in dit onderzoek met name gekozen is om na te gaan in hoeverre leerlingen kennis over lichaamsprocessen kunnen integreren, is besloten de deel-conceptmaps over dosis-effect en normen te laten vervallen. Het aantal begrippen dat de leerlingen over lichaamsprocessen krijgt aangeboden, is op grond van resultaten uit de eerste onderzoeksrunde iets uitgebreid. Daarnaast is in sommige gevallen de formulering aangepast (zie tabel 5.2).

Uit de eerste onderzoeksrunde is gebleken dat het driemaal maken van een conceptmap (als voor-, tussen- en natoets) met dezelfde begrippen demotiverend werkte. De conceptmap die als natoets werd gemaakt, was in vergelijking met de conceptmaps uit de voortoets en tussentoets, door een aantal leerlingen minder zorgvuldig samenge-

Tabel 5.2

Gerubriceerde begrippen met betrekking tot lichaamsprocessen die leerlingen in de tweede onderzoeksrunde op losse kaartjes kregen aangeboden om een conceptmap mee te maken.

Processen	Organen	Produkten
opname van schadelijke gassen	huid	urine
opname van schadelijke vaste stoffen	longen	faeces
opname van schadelijke vloeistoffen	nieren	
bloedsomloop	lever	
afbraak van schadelijke stoffen	vetweefsel	
uitscheiding van schadelijke stoffen	doelwit-organen	
aantasting van organen	maagdarmkanaal	
filteren	mond	

steld. Deze leerlingen verwezen in hun conceptmap naar één van de twee voorgaande toetsen. Om een dergelijke situatie in de tweede onderzoeksrunde te voorkomen, is besloten om de tussentoets te laten vervallen. Na afloop van elke toets, zijn evenals in de eerste ronde, nabesprekingen gehouden met enkele leerlingen.

5.1.2 Analyse

- *Eerste onderzoeksrunde*

Het analyseren van een conceptmap kan op verschillende manieren gebeuren. Sommige onderzoekers richten zich bij het analyseren met name op de hiërarchische structuur² van een conceptmap (Wallace & Mintzes, 1990; Moreira, 1985). Andere onderzoekers letten vooral op de juistheid (kwaliteit) van de relaties (Stuart, 1985; Mason, 1992; Novak, 1993³). Gezien het doel van de conceptmap binnen dit onderzoek heb ik mij gericht op de juistheid van de relaties. Hierbij is onderscheid gemaakt in een globale analyse en een gedetailleerde analyse (Hegarty-Hazel, 1991; Mason, 1992). Beide worden kort toegelicht.

Globale analyse

Bij de globale analyse wordt een conceptmap beoordeeld op grond van het aantal gelegde relaties en de kwaliteit van de relaties. Hierbij worden vijf kwaliteitscriteria gehanteerd, die als volgt tot stand zijn gekomen. Eerst is gekeken of een relatie die een leerling tussen twee begrippen heeft gelegd, biologisch gezien mogelijk is. Indien de relatie mogelijk is, is aangegeven of de relatie al dan niet beschreven is. Indien de relatie is beschreven, is bepaald of deze beschrijving goed, fout of twijfelachtig⁴ is (zie tabel

² Hiermee wordt bedoeld dat de meest abstracte, meest omvattende, meest algemene begrippen aan de top staan en naar de basis toe, steeds specifiekere, meer gedetailleerde begrippen (Kok, 1982).

³ Mondelinge mededeling.

⁴ Twijfelachtig wil zeggen dat uit de beschrijving van de relatie niet blijkt of deze als goed of als fout moet worden geïnterpreteerd.

Tabel 5.3

Globale analyse van een conceptmap: overzicht van criteria voor beoordeling van de kwaliteit van de gelegde relaties.

	Criteria	Code
Relatie is mogelijk	Relatie is beschreven	goed
		fout
		twijfelachtig
	Relatie is niet beschreven	nb
Relatie is twijfelachtig	Relatie is in principe mogelijk, maar is niet voor de hand liggend gezien de hoeveelheid kennis die een leerling moet hebben om deze relatie te kunnen leggen en waarbij uit de omschrijving niet blijkt dat leerlingen deze kennis bezitten	tw
Relatie is niet mogelijk	Een relatie die biologisch gezien niet bestaat	ng

5.3). Daarnaast is het aantal ketens ⁵ aangegeven waaruit een conceptmap is opgebouwd en is het aantal begrippen per keten aangegeven. Begrippen die door de leerlingen wel op het antwoordvel zijn vermeld maar niet in relatie met een van de andere begrippen zijn gebracht, zijn apart genoteerd.

Analyse op samenhang

Bij deze analyse wordt naar de inhoudelijke samenhang van de conceptmap gekeken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende niveaus: feit-, relatie- en netwerkniveau.

Met feitniveau wordt bedoeld dat een leerling aan de meeste begrippen een oppervlakkige betekenis kan geven door een begrip slechts met één ander begrip te verbinden. Bijvoorbeeld een leerling verbindt 'afbraak' met 'lever', maar legt daarnaast geen relatie tussen 'lever' en 'bloed'.

Van relatieniveau is sprake als een leerling een begrip aan meerdere begrippen kan koppelen en een aantal lichaamsprocessen goed kan weergeven. Bijvoorbeeld de leerling beschrijft het proces van afbraak in de lever door de begrippen 'lever', 'afbraak' en 'bloed' op een juiste manier te verbinden.

Het netwerkniveau houdt in dat een leerling het grootste deel van de begrippen met elkaar in relatie kan brengen. Voor lichaamsprocessen betekent dit dat een leerling zowel de afzonderlijke lichaamsprocessen als de relaties hiertussen kan aangeven.

⁵ Een keten is een reeks van begrippen die door middel van pijlen onderling verbonden zijn.

Bewerking van de gegevens

De verzamelde gegevens uit de globale analyse en analyse op samenhang zijn bewerkt met behulp van een spreadsheet (Lotus 123). Bij de interpretatie van de gegevens is gekeken naar de volgende punten:

- Verschillen tussen conceptmap 1, 2 en 3 voor de individuele leerlingen.
- Verschillen tussen conceptmap 1, 2 en 3 voor alle leerlingen samen.
- Correspondentie tussen de uitkomsten van de globale analyse en de analyse op samenhang⁶.

• *Tweede onderzoeksrunde*

In de tweede ronde is de analyse van de conceptmap over lichaamsprocessen op een aantal punten veranderd ten opzichte van de eerste ronde. De analyse op samenhang is vervangen door subketen-analyse. De globale analyse is gehandhaafd.

Subketen-analyse

Uit de eerste onderzoeksrunde is gebleken dat de grenzen tussen feit-, relatie- en netwerkniveau moeilijk zijn aan te geven. In sommige conceptmaps geven leerlingen de samenhang tussen een aantal lichaamsprocessen goed weer, maar kunnen zij een aantal andere begrippen niet plaatsen. Bij dergelijke conceptmaps is het moeilijk om te zeggen of er sprake is van relatieniveau of netwerkniveau. In de tweede onderzoeksrunde is daarom een ander beoordelingssysteem ontwikkeld.

De verschillende lichaamsprocessen zijn onderverdeeld in zeven subketens⁷. Elke variant op een weergave van een subketen krijgt een aparte code. Aan deze code wordt vervolgens de waardering correct, twijfelachtig of onvoldoende gegeven. Hiertoe is eerst voor elke subketen omschreven wat onder een correct antwoord, een twijfelachtig antwoord en een onvoldoende antwoord wordt verstaan. Tijdens een eerste beoordelingsronde van de conceptmaps is aan de hand van deze omschrijvingen een beoordelingssysteem ontwikkeld. In een tweede beoordelingsronde zijn de conceptmaps beoordeeld met dit ontwikkelde beoordelingssysteem. Vervolgens zijn alle conceptmaps aan de hand van het ontwikkelde beoordelingssysteem door een tweede beoordelaar nagekeken.

Globale analyse

Bij deze analyse is dezelfde werkwijze gebruikt als in de eerste onderzoeksrunde.

⁶ Achterliggende vraag hierbij is of beide analyses overeenkomstige gegevens opleveren, waardoor het in de toekomst wellicht mogelijk is één van beide analyses weg te laten.

⁷ De zeven subketens zijn: de opnameweg van schadelijke gassen via longen naar bloed, de opnameweg van schadelijke vloeistoffen via mond naar bloed, de opnameweg van schadelijke vaste stoffen via mond naar bloed, transport van schadelijke stoffen door het bloed naar verschillende organen, afbraak van schadelijke stoffen door de lever waarbij de aanvoerweg van stoffen en de afvoerweg van stoffen wordt aangegeven, uitscheiding van schadelijke stoffen door de nieren waarbij de aanvoerweg en afvoerweg van stoffen wordt aangegeven, en opslag van schadelijke stoffen in vetweefsel.

Bewerking van gegevens

De gegevens zijn in het statistiekpakket SPSS bewerkt. Bij de interpretatie van de gegevens is gekeken naar de volgende punten:

- Verschillen tussen conceptmap 1 en 2 voor de individuele leerlingen.
- Verschillen tussen conceptmap 1 en 2 voor alle leerlingen samen.
- Correspondentie tussen de uitkomsten van de globale analyse en de subketen-analyse.

5.1.3 Validiteit en betrouwbaarheid als toets

Na elke conceptmap is met een aantal leerlingen een individuele nabespreking gehouden, waarin de leerlingen hun conceptmap mondeling hebben toegelicht. Het doel van deze nabesprekingen was tweeledig:

- Nagaan of leerlingen hun conceptmaps zo volledig mogelijk samenstellen. Als in de nabesprekingen naar voren zou komen dat leerlingen meer kennis over lichaamsprocessen hebben dan uit hun conceptmap blijkt, zou dat afbreuk doen aan de validiteit van de conceptmap als evaluatiemiddel.
- Nagaan of de onderzoeker de conceptmap goed interpreteert.

Uit deze nabesprekingen is gebleken dat de meeste leerlingen weinig aanvullende informatie geven en dat er van uitgegaan kan worden dat de conceptmap, in overeenstemming met wat in de literatuur beschreven is, een afspiegeling is van de kennis van leerlingen (Novak, 1981; Stuart, 1985; Moreira, 1985; Mason, 1992; Markham et al., 1994). Ook bleek dat de onderzoeker de conceptmaps in vrijwel alle gevallen goed interpreteerde.

De betrouwbaarheid van de coderingssystemen is nagegaan door alle conceptmaps door een tweede beoordelaar na te laten kijken. Tussen de codetoekenningen van beide beoordelaars bleek een grote overeenstemming te zijn.

5.2 Casustoets

In de nieuwe examenprogramma's voor biologie wordt gesteld dat leerlingen verworven biologische kennis in het dagelijks leven moeten kunnen toepassen.

Hoewel deze doelstelling al langer beleden wordt, hebben velen moeite met het adequaat toetsen ervan. Over het toepassen van vakspecifieke kennis is weinig literatuur. In onderwijspsychologische literatuur over 'transfer' (Brown et al., 1983; Boekaerts & Simons, 1993) wordt vooral aandacht besteed aan het toepassen van kennis in het algemeen. In dit onderzoek is de casustoets als evaluatie-instrument gekozen, omdat deze in het hoger onderwijs geschikt is gebleken om de vaardigheid van studenten in het toepassen van vakspecifieke kennis te toetsen (De Graaf & Peeters, 1989; Van Berkel & Bax, 1993).

De casustoets zoals die binnen dit onderzoek is gebruikt, bestaat uit drie delen:

- een krantenartikel, waarin een leerling geconfronteerd wordt met een nieuwe situatie met betrekking tot blootstelling aan een bepaalde stof;
- een aantal open vragen over de weg van een schadelijke stof door het lichaam

en over enkele toxicologische principes en termen die in het artikel aan de orde komen;

- een opdracht om een brief te schrijven, waarin een leerling in eigen woorden zijn mening over een bepaald probleem weergeeft, gebruik makend van gegevens uit het krantenartikel.

5.2.1 Uitvoering

- *Eerste onderzoeksrunde*

In de eerste onderzoeksrunde is de casustoets (zie bijlage 1 en 2) als natoets afgenomen. In het algemeen zijn de leerlingen met elke casustoets één lesuur van vijftig minuten bezig geweest. De leerlingen hebben de casustoets individueel gemaakt.

- *Tweede onderzoeksrunde*

Op grond van de positieve ervaringen met het gebruik van de casustoets in de eerste onderzoeksrunde is de casustoets ook in de tweede onderzoeksrunde gebruikt. In deze ronde is de casustoets niet alleen als natoets (casustoets 3) afgenomen, maar ook als voortoets (casustoets 1), als tussentoets, halverwege de lessenserie (casustoets 2) en als retentietoets elf maanden na afloop van de lessenserie (casustoets 4). De retentietoets is afgenomen om na te gaan in hoeverre de kennis over lichaamsprocessen en algemeen-toxicologische principes bij de leerlingen uit de onderzoeksgroep is bevestigd (zie bijlage 4). De referentie-groep bij deze toets bestond uit 5-vwo leerlingen die in 4-vwo de lessenserie 'Alles is giftig?' niet hebben gevolgd.

Voor elke casustoets is een nieuw krantenartikel gekozen en zijn nieuwe opdrachten geformuleerd.

5.2.2 Analyse

- *Eerste onderzoeksrunde*

Bij de analyse van de casustoets is onderscheid gemaakt in een analyse van de antwoorden op de open vragen en een inhoudsanalyse van de brief. Voor het analyseren van de antwoorden op de open vragen is een coderingssysteem ontwikkeld. Antwoorden die inhoudelijk vergelijkbaar waren, kregen eenzelfde code. Daarnaast is omschreven wat onder een goed, twijfelachtig en onvoldoende antwoord wordt verstaan en is aan de hand van deze omschrijvingen aan elke code een waardering gegeven.

Bij de inhoudsanalyse van de brief is nagegaan welke redenering en welke argumenten een leerling in zijn brief heeft verwerkt.

- *Tweede onderzoeksrunde*

Evenals bij de eerste onderzoeksrunde is er onderscheid gemaakt in een analyse van de antwoorden op de open vragen en van de inhoud van de brief. De brieven zijn op dezelfde wijze geanalyseerd als in de eerste onderzoeksrunde. De analyse van de open vragen is complexer geworden. Voor elke toets is een apart coderingssysteem opgezet op basis van de antwoorden van de leerlingen en een antwoordmodel.

Het toekennen van een waardering aan de verschillende codes is in deze ronde ingewikkelder, omdat er meerdere toetsen zijn afgenomen die overeenkomstig gewaardeerd

moesten worden. De casustoetsen zijn door de onderzoeker twee keer nagekeken. Tijdens de eerste keer is het beoordelingssysteem al doende ontwikkeld. Bij de tweede keer zijn de codes en waarderingen, die aan de antwoorden zijn toegekend gecontroleerd. Vervolgens zijn de casustoetsen door een tweede beordelaar nagekeken en is de interbeoordelaarsovereenstemming bepaald met behulp van SPSS. De casustoets gegevens zijn geanalyseerd met behulp van SPSS, waarbij gelet is op de volgende punten:

- Verschillen in antwoord op de open vragen en de inhoud van de brief tussen casustoets 1, 2, 3 en 4 voor de individuele leerlingen en voor alle leerlingen samen.
- Overeenkomsten tussen de uitkomsten van de analyse van de open vragen en de uitkomsten van de inhoudsanalyse van de brief.

5.2.3 Validiteit en betrouwbaarheid

Na elke casustoets is met acht leerlingen ⁸ individueel een nabespreking gehouden. Aan de leerlingen is gevraagd hun antwoorden op de casustoets mondeling toe te lichten. Deze nabesprekingen zijn gehouden om na te gaan of leerlingen bij hun mondelinge toelichting dezelfde argumenten aanvoeren als bij hun schriftelijke beantwoording. Uit deze gesprekken is gebleken dat dit bij de meeste leerlingen het geval was en dat de casustoets een valide evaluatie-instrument is.

De betrouwbaarheid van het coderingssysteem is nagegaan door een tweede beordelaar een aselechte steekproef van 100 antwoorden te laten nakijken aan de hand van het coderingssysteem. De interbeoordelaarsovereenstemming voor elk van de casustoetsen was goed (de kappas voor de voor-, tussen- en natoets ≥ 0.84 (Cohen, 1968)). Om te waarborgen dat de verschillende toetsen onderling voldoende vergelijkbaar zijn, is bij het samenstellen van de casustoetsen een aantal eisen geformuleerd waaraan elke toets moest voldoen:

Eisen met betrekking tot het artikel:

- De leerlingen moeten zich bij de inhoud van het artikel betrokken kunnen voelen.
- Het artikel moet gaan over blootstelling van mensen aan een bepaalde stof.
- Het artikel moet iets zeggen over toxicologische normen met betrekking tot de stof.
- In het artikel moet iets gezegd worden over mogelijke effecten van blootstelling.
- De krantenartikelen in de casustoetsen moeten ongeveer even lang zijn.

Eisen met betrekking tot de vragen:

- De aard van de vragen van de verschillende casustoetsen moet overeenstemmen.
- Elke casustoets moet ongeveer evenveel vragen bevatten.
- De open vragen en de opdracht om een brief te schrijven moeten gericht zijn op het vaststellen van het vermogen van leerlingen om kennis over de volgende punten toe te passen:

⁸ Per casustoets waren dit verschillende leerlingen.

- De weg van een schadelijke stof door het lichaam.
- Het berekenen van de ADI en de betekenis van de ADI.
- De betekenis voor de mens van het gegeven dat een stof carcinogeen is bij ratten.
- Het principe van dosis-effect relaties.

Om aan een aantal van de genoemde eisen te voldoen, is per toets als hulpmiddel een antwoordmodel opgesteld. In het antwoordmodel wordt tevens vermeld welke kennis er nodig is om tot deze antwoorden te kunnen komen. Op grond van het antwoordmodel kan de vereiste kennis voor elk van de vier casustoetsen vergeleken worden.

5.3 Overige methoden

Om na te gaan in hoeverre het geschreven curriculum is uitgevoerd conform de verwachtingen is tijdens de onderzoeksronden informatie verzameld over de manier waarop de docent en de leerlingen met het lesmateriaal hebben gewerkt. Deze informatie is in de eerste onderzoeksrunde gebruikt bij het reviseren van het curriculum (zie paragraaf 4.2.2). In de tweede onderzoeksrunde diende deze informatie als ondersteuning bij de interpretatie van gegevens uit de conceptmaps en de casustoetsen en als hulp bij het bediscussiëren van de resultaten.

5.3.1 Observatie

- *Eerste onderzoeksrunde*

Van alle lessen zijn video- en audio-opnames gemaakt. Met behulp van de videocamera is de docent gevolgd, waarbij ook overleg tussen leerlingen en docent is opgenomen. Op de audio-cassette zijn klassikale gesprekken opgenomen. Daarnaast zijn van vier individuele leerlingen de verbale uitingen tijdens de lessen vastgelegd.

Naast video- en audio-opnames is door de onderzoeker ook direct in de klas geobserveerd. Aan de hand van deze observaties zijn na afloop van elke les besprekingen met de docent gehouden over het verloop van de les in vergelijking met de beoogde opzet en zijn de opdrachten uit de les nabesproken.

- *Tweede onderzoeksrunde*

In de tweede onderzoeksrunde zijn audio-opnames gemaakt van alle leerlingen. In deze ronde hebben de leerlingen in groepjes gewerkt en is per les van elke groep een audio-opname gemaakt. Daarnaast zijn er video-opnames gemaakt zoals in de eerste onderzoeksrunde.

- *Analyse van verbale protocollen*

De gesprekken die op audio- en videocassettes zijn opgenomen, zijn in beide onderzoeksronden uitgeschreven en geanalyseerd, waarbij op de volgende punten is gelet:

- De manier waarop de leerlingen aan de verschillende opdrachten hebben gewerkt.

- De inhoudelijke discussies die de leerlingen hebben gevoerd bij het maken van de verschillende opdrachten.
- Uitspraken die gebruikt kunnen worden bij het interpreteren van de conceptmaps en de casustoets van individuele leerlingen.
- Werkwijze van de docent als begeleider van de groepjes leerlingen.

5.3.2 Vragenlijsten

- *Eerste onderzoeksrunde*

Om vast te kunnen stellen hoe leerlingen het curriculum waardeerden, is hen aan het eind van de lessenserie een vragenlijst voorgelegd met tien korte vragen over de lessenserie. Hierbij is onder meer gevraagd wat de leerlingen vonden van de moeilijkheidsgraad van de lesstof, welke onderdelen zij interessant vonden en is gevraagd wat de betekenis van de verkregen kennis is voor het dagelijks leven. De frequenties van de antwoorden zijn gescoord.

- *Tweede onderzoeksrunde*

Na afloop van de lessenserie hebben de leerlingen een vragenformulier ingevuld waarin enkele open vragen zijn opgenomen met betrekking tot de inhoud van het curriculum en 41 items over de volgende categorieën: de inhoud van het lesmateriaal, de waardering voor de werkwijze tijdens de lessenserie, veiligheid in de klas, werkklimaat in de klas en mening over de docent (naar Brugman, 1988). Bij deze items hebben de leerlingen op een schaal van 1 tot 5 aangegeven of zij het eens of oneens zijn met het desbetreffende item. Over elke categorie zijn meerdere items opgenomen in een verschillende formulering. Zo is werkklimaat geoperationaliseerd door de items:

- Ik word in de klas afgeleid door de andere leerlingen.
- De leerlingen praten teveel door elkaar heen tijdens de les.
- Het is in de klas te onrustig om goed te kunnen werken.

Bij de analyse zijn de items per categorie geclusterd.

5.4 Docentevaluatie in de eerste en tweede onderzoeksrunde

De docent van de proefgroep is vanaf het begin betrokken geweest bij het onderzoek en heeft meegedacht bij de totstandkoming van de eerste versie van het curriculum. Hierdoor was hij goed op de hoogte van de rationale van het curriculum.

In de eerste onderzoeksrunde is voorafgaand aan elke les overleg gepleegd met de docent over de te behandelen stof en de wijze waarop. Na afloop van elke les is met de docent een nabespreking gehouden. Hierin is aan de hand van een aantal vragen de les geëvalueerd, waarbij de docent de ruimte had om eventuele problemen ten aanzien van het lesmateriaal te bespreken en om suggesties ter verbetering te doen.

Tijdens deze nabespreking is nagegaan in hoeverre de ideeën van de docent over het verloop van de les overeenkomen met die van de onderzoeker. Meestal was er overeenkomst. Zo niet, dan leidde dit tot wederzijdse bijstelling.

In de tweede onderzoeksronde is met dezelfde docent samengewerkt als in de eerste onderzoeksronde. Hij was intensief betrokken bij de revisie van het curriculum en de onderzoeksmethoden, waardoor hij ook in de tweede ronde een goed beeld had van het beoogde curriculum. Ook in de tweede onderzoeksronde zijn er nabesprekingen met de docent gehouden. In deze ronde kwam zijn manier van omgaan met het curriculum nog meer overeen met de bedoelingen van de onderzoeker.

5.5 Onderzoeksgroepen

Het onderzoek in de eerste onderzoeksronde heeft plaatsgevonden in één 4-vwo klas (28 leerlingen) van een reguliere scholengemeenschap (mavo, havo, vwo) in Utrecht. Het onderzoek in de tweede onderzoeksronde vond een jaar later plaats in twee 4-vwo klassen (samen 38 leerlingen) van dezelfde school. Deze twee klassen zijn als één onderzoeksgroep beschouwd. Beide klassen hadden biologieonderwijs van dezelfde docent. Bovendien bleek op grond van een vergelijking van de rapportcijfers voor biologie, wiskunde, geschiedenis en engels dat er geen significante verschillen waren in leerprestaties tussen beide klassen.

Aan de retentietoets hebben alle leerlingen uit 5-vwo mee gewerkt. Hierbij waren er achtendertig leerlingen die de lessenserie 'Alles is giftig?' hadden gevolgd in 4-vwo en vijfendertig leerlingen die deze lessenserie niet hadden gevolgd in 4-vwo en ook geen ander onderwijs over vergift hadden gehad.

5.6 Tijdschema van de gebruikte methoden

Hiernaast volgt een overzicht van de methoden die gebruikt zijn tijdens de uitvoering van het curriculum in elk van de twee onderzoeks rondes.

lesuur	onderzoeksrunde 1	onderzoeksrunde 2
1	oefenen in het maken van een conceptmap	oefenen in het maken van een conceptmap
2	conceptmap 1 over drie onderwerpen en nabespreking met leerlingen	conceptmap 1 over het onderwerp lichaamsprocessen en nabespreking met leerlingen
3	lessenserie / observaties	casustoets 1 en nabespreking met leerlingen
4 t/m 7	lessenserie / observaties	lessenserie / observaties
8	conceptmap 2 over drie onderwerpen en nabespreking met leerlingen.	lessenserie / observaties
9	casustoets 1 en nabespreking met leerlingen	casustoets 2 en nabespreking met leerlingen
10 t/m 14	lessenserie / observaties	lessenserie / observaties
15	conceptmap 3 over drie onderwerpen en nabespreking met leerlingen	conceptmap 2 over het onderwerp lichaamsprocessen en nabespreking met leerlingen
16	evaluatie door leerlingen	casustoets 3 en nabespreking met leerlingen
17	-	evaluatie door leerlingen
na één jaar	-	casustoets 4 , rententie-toets

Hoofdstuk 6

Begripsontwikkeling gemeten met behulp van conceptmaps

In de tweede onderzoeksrunde is de conceptmap als voor- en natoets gebruikt om veranderingen vast te kunnen stellen in de kennis van leerlingen over de reacties van het lichaam op blootstelling aan schadelijke stoffen.

Bij het analyseren van de resultaten is, zoals in hoofdstuk vijf staat beschreven, onderscheid gemaakt in een globale analyse en een subketen-analyse. De resultaten van deze beide analyses worden hieronder gepresenteerd. Eerst zal in grote lijnen uiteengezet worden wat de verwachte uitkomsten van beide analyses zijn.

6.1 Verwachte resultaten

Verwacht werd dat de meeste leerlingen door toedoen van het curriculum 'Alles is giftig?' hun kennis over lichaamsprocessen zullen uitbreiden en aanpassen. De mate waarin dit gebeurt zal, zoals in hoofdstuk drie is beschreven, mede afhangen van de voorkennis van een leerling. Er is dan ook een onderscheid te maken in drie groepen leerlingen:

- *Leerlingen met relatief veel adequate voorkennis*, die bij het maken van hun eerste conceptmap (voortoets) al in staat blijken te zijn de aangeboden begrippen door middel van goede relaties te verbinden. Deze leerlingen hebben voorafgaand aan de lessenserie al een goed beeld van de functies en samenhang van de verschillende lichaamsprocessen.

- *Leerlingen met relatief weinig adequate voorkennis*, die bij het maken van hun eerste conceptmap slechts relaties kunnen aangeven tussen een beperkt aantal van de aangeboden begrippen en de andere begrippen niet in hun conceptmap kunnen verwerken. Tijdens het volgen van de lessenserie zullen deze leerlingen niet alle nieuwe informatie over de begrippen op een zinvolle manier kunnen verwerken. Hierdoor zullen deze leerlingen in vergelijking met de andere groepen een minder volledige en minder complexe tweede conceptmap maken.
- *De overige leerlingen*, die bij het maken van hun eerste conceptmap de meeste begrippen wel kunnen plaatsen, maar moeite hebben om de juiste relaties tussen deze begrippen aan te geven. Het curriculum bevat voor hen nieuwe informatie, die zij waarschijnlijk zinvol kunnen verwerken waardoor zij na afloop van de lessenserie een goed beeld hebben van de functies en samenhang van de verschillende lichaamsprocessen. Deze leerlingen boeken, in vergelijking met de andere leerlingen, de grootste kenniswinst.

6.2 Resultaten van de globale analyse

Zoals in hoofdstuk vijf staat beschreven, leidt bij de globale analyse van de conceptmaps het toepassen van beoordelingscriteria tot een waardering van gelegde relaties in termen van: goed beschreven, niet beschreven, twijfelachtig beschreven, twijfelachtige en niet-goede relaties (zie hoofdstuk vijf, tabel 5.3).

6.2.1 Gewogen totaalscores

Om een algemeen beeld te krijgen van de conceptmaps van de verschillende leerlingen is voor elke conceptmap een gewogen totaalscore berekend.

De verschillende categorieën zijn als volgt bij de berekening van deze totaalscore gewogen.

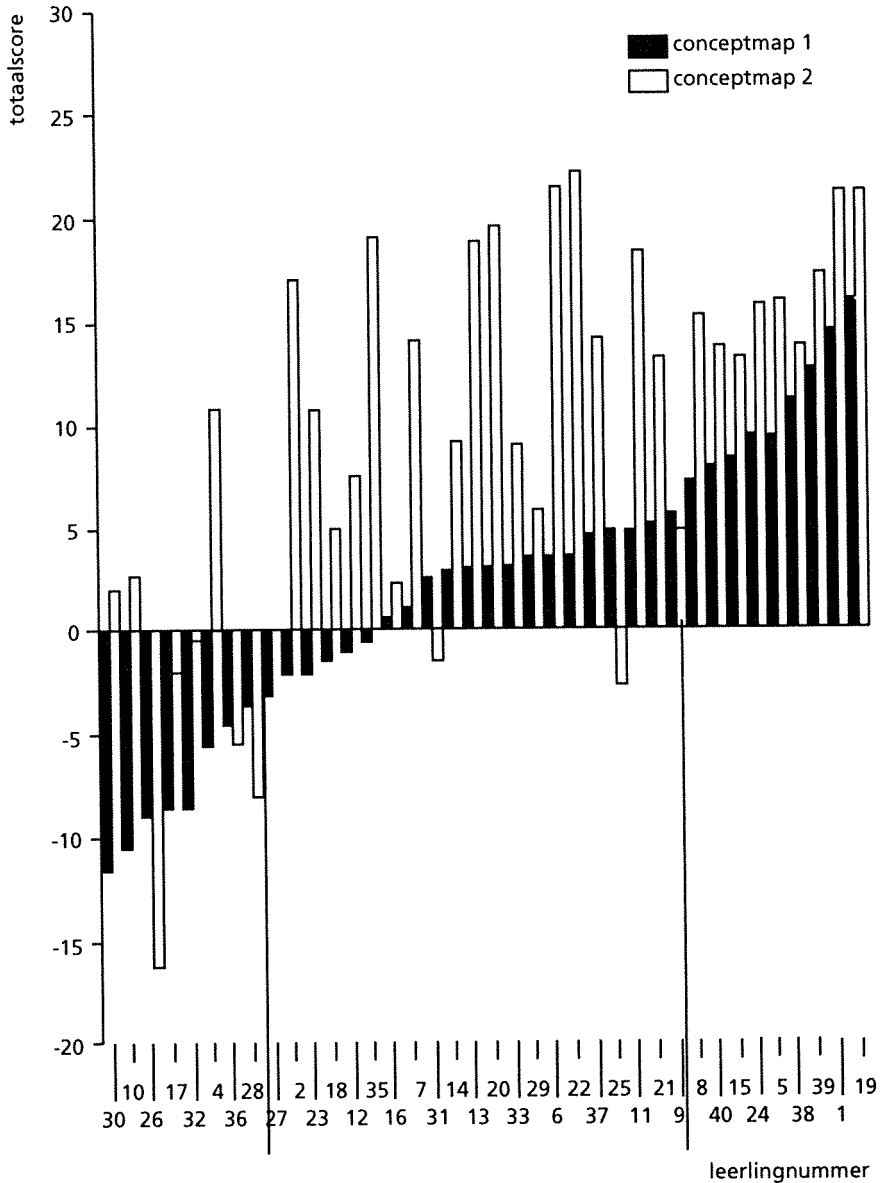
$$\text{totaalscore} = gb - 0.5 \times nb - 0.25 \times tb - 0.5 \times tw - ng$$

Hierbij is gesteld dat een relatie die twijfelachtig is beschreven (tb), minder negatief gewaardeerd moet worden dan een relatie die niet is beschreven (nb) of een twijfelachtige relatie (tw), terwijl een niet-goede relatie (ng) een duidelijk negatieve invloed op de totaalscore moet hebben.

De twijfelachtig-beschreven relaties zijn positiever gewaardeerd, omdat deze als goed kunnen worden geïnterpreteerd, terwijl dit niet mogelijk is bij de niet beschreven en twijfelachtige relaties.

Een weergave van de totaalscores is te zien in figuur 6.1. In deze figuur staan leerlingen gerangschikt naar de hoogte van de totaalscore voor hun eerste conceptmap. Het bereik van de totaalscores voor de eerste conceptmap ligt tussen de waarde -11 en de waarde 16. De leerlingen zijn op grond van hun totaalscore voor de eerste conceptmap onderverdeeld in drie groepen:

- 1 Leerlingen met een relatief lage totaalscore voor hun eerste conceptmap. Hier toe behoren leerlingen met relatief weinig voorkennis ($-11 \leq \text{totaalscore} \leq -3$, $n = 9$). Deze groep leerlingen noem ik de *laag scorenden*.



figuur 6.1

Vergelijking van de totaalscore van conceptmap 1 en 2 per leerling (n=38).

- 2 Leerlingen met een relatief hoge totaalscore voor hun eerste conceptmap. Hier-
toe behoren leerlingen met relatief veel voorkennis ($8 \leq \text{totaalscore} \leq 16$, $n = 9$). Deze groep leerlingen noem ik de *hoog scorenden*.
- 3 Leerlingen die niet tot de *laag* of de *hoog scorende* groep behoren. Dit zijn leer-
lingen met een 'gemiddelde' voorkennis ($-2 \leq \text{totaalscore} \leq 7$, $n = 20$). Deze
groep leerlingen noem ik de *gemiddeld scorenden*.

Tabel 6.1

Het gemiddelde aantal relaties per kwaliteitscategorie in de eerste en de tweede conceptmap (n=38).

kwaliteitscategorie	conceptmap 1	conceptmap 2
Goed beschreven relaties	9.9	14.6
Twijfelachtig beschreven relaties	0.4	0.9
Niet-beschreven relaties	1.4	0.8
Twijfelachtige relaties	1.4	1.5
Niet-goede relaties	6.3	3.9

Op enkele uitzonderingen na hebben alle leerlingen voor hun tweede conceptmap een hogere totaalscore dan voor hun eerste conceptmap, maar er zijn wel verschillen tussen de hierboven onderscheiden groepen leerlingen. De *laag scorenden* behalen in vergelijking met leerlingen uit de andere twee groepen een lagere totaalscore voor hun tweede conceptmap. Bij de *gemiddeld scorenden* is een grote spreiding te zien in totaalscores van de tweede conceptmap. Bij tien leerlingen is de totaalscore van hun tweede conceptmap in vergelijking met die van hun eerste conceptmap verdubbeld of zelfs verdrievoudigd. Deze leerlingen komen bij hun tweede conceptmap op een zelfde totaalscore als leerlingen uit de *hoog scorende* groep. Bij andere leerlingen uit de *gemiddeld scorende* groep nemen de totaalscores voor hun tweede conceptmaps minder toe, maar deze toename is groter dan die bij de *laag scorende* leerlingen. Bij drie leerlingen neemt de totaalscore voor hun tweede conceptmap af.

De *hoog scorende* leerlingen bereiken in hun tweede conceptmap een hogere totaalscore dan in hun eerste conceptmap, echter zij gaan relatief gezien het minst vooruit.

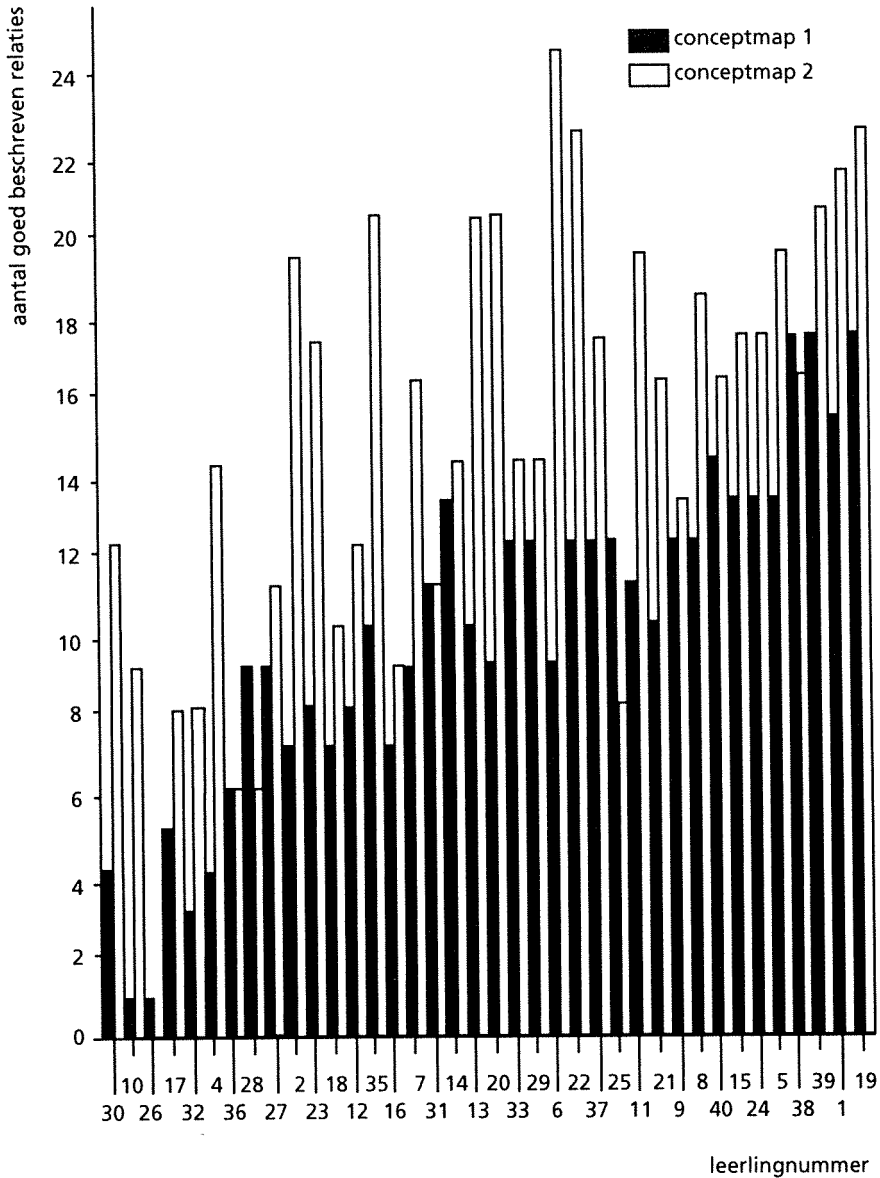
6.2.2 Kwaliteit van de gelegde relaties

- *Gegevens van de totale groep leerlingen*

Het totaal aantal begrippen dat leerlingen in hun conceptmap hebben verwerkt bij de natoets is gemiddeld toegenomen van 17.2 naar 19.0. Verder is het totaal aantal gelegde relaties in de tweede conceptmaps gemiddeld gestegen (van 19.3 naar 21.6). Om een vergelijking te kunnen maken van de kwaliteit van de gelegde relaties in de eerste en de tweede conceptmap zijn de resultaten van alle leerlingen per kwaliteitscategorie bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal leerlingen. De uitkomsten hiervan staan weergegeven in tabel 6.1. Het aantal goed beschreven relaties is in de tweede conceptmap duidelijk toegenomen en het aantal niet-goede relaties is afgenomen. Daarnaast is het aantal twijfelachtige relaties vrijwel gelijk gebleven en is er een toename van het aantal twijfelachtig beschreven relaties. Het aantal niet beschreven relaties is afgenomen.

- *Analyse van de gegevens van de individuele leerlingen*

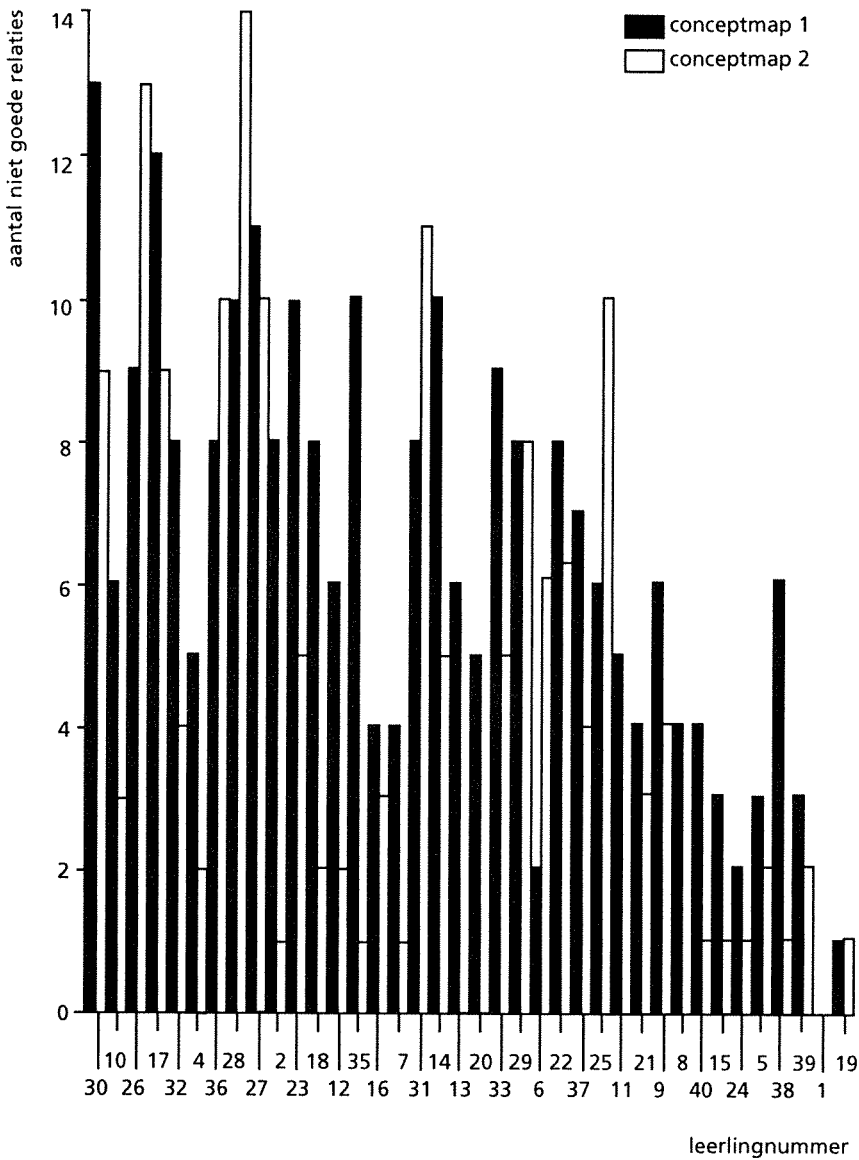
Bij nadere analyse van de gegevens van de individuele leerlingen blijkt eveneens een duidelijke toename van het aantal goed beschreven relaties en een afname van het aantal niet-goede relaties.



figuur 6.2

Vergelijking van het aantal goed beschreven relaties in conceptmap 1 en 2 per leerling (n=38).

In figuur 6.2 en figuur 6.3 staat voor elke leerling respectievelijk het aantal goed beschreven relaties en het aantal niet-goede relaties per conceptmap weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat de *laag scorenden*, de *hoog scorenden* en de *gemiddeld scorenden* grotendeels het zelfde patroon volgen: een toename van het aantal goed beschreven relaties en een afname van het aantal niet-goede relaties. Bij nadere analyse zijn er tussen



figuur 6.3

Vergelijking per leerling van het aantal niet goede relaties in conceptmap 1 en 2 (n=38).

de drie groepen wel verschillen te zien. Leerlingen uit de *laag scorende* groep maken hun tweede conceptmap wel beter dan hun eerste conceptmap, maar leggen ook bij de tweede conceptmap relatief veel niet-goede relaties. In deze groep is de gemiddelde toename van goed beschreven relaties 3.6 en de gemiddelde afname van niet-goede relaties 0.9.

De meeste leerlingen uit de *gemiddeld scorende* groep leggen in vergelijking met leerlingen uit de *laag scorende* groep in hun conceptmaps meer goed beschreven relaties (gemiddelde toename: 5.6) en minder niet-goede relaties (gemiddelde afname: 3.5). Bij nagenoeg alle leerlingen uit de *hoog scorende* groep is een toename te zien van het aantal goede relaties (gemiddelde toename: 3.9) en is het aantal niet-goede relaties in de tweede conceptmap afgenomen (gemiddelde afname: 2). Dit is dus iets lager dan bij de *gemiddeld scorenden* maar iets hoger dan bij de *laag scorenden*.

6.3 Resultaten van de subketen-analyse

Bij de subketen-analyse is onderzocht hoe individuele leerlingen de verschillende lichaamsprocessen in hun conceptmaps weergeven. Bij deze analyse wordt elk lichaamsproces gezien als een aparte subketen. De subketens zijn inhoudelijk beoordeeld, waarbij overeenkomstige beschrijvingen een zelfde code, respectievelijk waardering hebben gekregen (zie paragraaf 5.1.2). Een subketen binnen een conceptmap kan een waardering onvoldoende (1), redelijk (2) of goed (3) krijgen. De resultaten van de subketen-analyse worden eerst per lichaamsproces besproken. Vervolgens worden de conceptmaps aan de hand van een totaalwaarderingsscore vergeleken.

6.3.1 Lichaamsprocessen en integratie

Hieronder staat per lichaamsproces beschreven welke de criteria zijn voor het toekennen van de verschillende waarden en welke inhoudelijke verschillen zijn gevonden tussen de eerste en de tweede conceptmap.

In tabel 6.2 zijn per subketen de waarderingen van de eerste en tweede conceptmap gecombineerd en zijn de frequenties van de mogelijke combinaties weergegeven.

Waardering voor subketen inname van schadelijke vloeistoffen

Waarden:	Criteria:
3 (goed)	Leerlingen hebben beschreven dat schadelijke stoffen via de mond naar het maagdarmkanaal gaan, daar worden opgenomen in het bloed en via het bloed verder worden getransporteerd.
2 (redelijk)	Leerlingen hebben in hun beschrijving maagdarmkanaal <i>of</i> bloed niet opgenomen.
1 (onvoldoende)	Leerlingen hebben in hun beschrijving maagdarmkanaal <i>en</i> bloed niet opgenomen.

Uit tabel 6.2 blijkt dat elf ¹ leerlingen in hun eerste conceptmap een goede beschrijving geven (waarde 3). Van deze elf geven tien leerlingen ook in hun tweede concept-

¹ Dit getal is als volgt berekend: tien leerlingen hebben in hun eerste en in hun tweede conceptmap waarde 3 (zie tabel 6.2). Er is één leerling die in de eerste conceptmap waarde 3 heeft en in de tweede conceptmap waarde 1. In totaal zijn er dus elf leerlingen die in de eerste conceptmap waarde 3 hebben.

map een goede beschrijving. Eén leerling geeft in zijn tweede conceptmap een beschrijving die onvoldoende is. Zeven leerlingen geven in hun eerste conceptmap een redelijke beschrijving van de inname-weg van schadelijke vloeistoffen. Zes van deze leerlingen geven aan dat schadelijke vloeistoffen vanuit het maagdarmkanaal in organen als lever en nieren komen, maar zij leggen geen relatie met bloed. Eén leerling beschrijft een inname-weg via de huid en noemt niet de inname via het maagdarmkanaal. In hun tweede conceptmap geven zes van deze zeven leerlingen een goede beschrijving van de inname-weg van schadelijke vloeistoffen. Eén leerling geeft in zijn tweede conceptmap hetzelfde antwoord als in zijn eerste conceptmap.

Twintig leerlingen geven in hun eerste conceptmap een beschrijving die als onvoldoende wordt gewaardeerd. In hun tweede conceptmap geven zes van hen een goede beschrijving, zes geven een redelijke beschrijving en acht geven een onvoldoende beschrijving.

Samenvattend: in de eerste conceptmap beschrijft bijna de helft van de 38 leerlingen de subketen inname van schadelijke vloeistoffen redelijk of goed. In de tweede conceptmap neemt dit aantal toe tot 29.

Waardering voor subketen inname van schadelijke vaste stoffen

Waarden:	Criteria:
3 (goed)	Leerlingen hebben beschreven dat schadelijke stoffen via de mond naar het maagdarmkanaal gaan, daar worden opgenomen in het bloed en via het bloed verder worden getransporteerd.
2 (redelijk)	Leerlingen hebben in hun beschrijving maagdarmkanaal of bloed niet opgenomen.
1 (onvoldoende)	Leerlingen hebben in hun beschrijving maagdarmkanaal en bloed niet opgenomen.

Er zijn tien leerlingen (zie tabel 6.2) die zowel in hun eerste als in hun tweede conceptmap een goede beschrijving geven van de manier waarop schadelijke vaste stoffen in het bloed komen. In de eerste conceptmap geven zeven leerlingen een redelijke beschrijving van de inname-weg van schadelijke vaste stoffen, van wie vier een goede beschrijving geven in de tweede conceptmap. De overige drie geven bij hun tweede conceptmap nog steeds een redelijk antwoord. Eenentwintig leerlingen geven in hun eerste conceptmap een onvoldoende beschrijving van deze subketen. In de tweede conceptmap geven zeven van hen een goede beschrijving, zeven geven een beschrijving die redelijk is en zeven leerlingen geven opnieuw een beschrijving die onvoldoende is.

Samenvattend: in de eerste conceptmap beschrijft iets minder dan de helft van de 38 leerlingen de subketen inname van schadelijke vaste stoffen redelijk of goed. In de tweede conceptmap stijgt dit aantal tot 31.

Waardering voor subketen inname van schadelijke gassen

Waarden:	Criteria:
3 (goed)	Leerlingen hebben beschreven dat schadelijke stoffen via de mond en longen in het bloed kunnen worden opgenomen en verder worden getransporteerd.
2 (redelijk)	Leerlingen hebben in hun beschrijving bloed niet opgenomen.
1 (onvoldoende)	Leerlingen hebben in hun beschrijving longen en bloed niet opgenomen.

Er zijn 22 leerlingen die in hun eerste conceptmap een goede beschrijving geven van de manier waarop schadelijke gassen in het lichaam komen (zie tabel 6.2). Zeventien van deze leerlingen geven ook in hun tweede conceptmap een goede beschrijving. De overige vijf leerlingen geven dan een beschrijving die als redelijk wordt gewaardeerd.

Acht leerlingen geven in hun eerste conceptmap een redelijke beschrijving van de inname-weg van schadelijke gassen. In hun tweede conceptmap geven vijf van hen een goede beschrijving. Twee leerlingen geven ook in hun tweede conceptmap een redelijk antwoord en er is één leerling die in de tweede conceptmap een onvoldoende antwoord geeft.

Er zijn acht leerlingen die in hun eerste conceptmap een beschrijving geven die als onvoldoende wordt gewaardeerd. Twee van hen geven in hun tweede conceptmap een goede beschrijving, vijf geven een redelijke en één nog steeds een onvoldoende beschrijving.

Samenvattend: in de eerste conceptmap beschrijven 30 leerlingen de subketen inname van schadelijke gassen redelijk of goed. In de tweede conceptmap doen bijna alle leerlingen dat.

Waardering voor subketen transport

Waarden:	Criteria:
3 (goed)	Leerlingen hebben zes of meer goed beschreven relaties gelegd met het begrip bloed.
2 (redelijk)	Leerlingen hebben vier of vijf goed beschreven relaties gelegd met het begrip bloed.
1 (onvoldoende)	Leerlingen hebben drie of minder goed beschreven relaties gelegd met het begrip bloed.

Uit tabel 6.2 blijkt dat twee leerlingen in zowel hun eerste als hun tweede conceptmap, zes of meer relaties met het begrip bloed leggen en hiervoor de waardering goed krijgen.

Er zijn elf leerlingen die in hun eerste conceptmap vier of vijf goed beschreven relaties leggen met het begrip bloed en hiervoor de waardering redelijk krijgen. Van deze elf leerlingen zijn er zes vooruit gegaan in hun tweede conceptmap. Vier leerlingen blijven gelijk en één leerling gaat achteruit.

Er zijn 25 leerlingen die voor hun beschrijving in de eerste conceptmap een onvoldoende waardering krijgen. Zij leggen minder dan vier relaties met het begrip bloed.

Zes van hen geven in hun tweede conceptmap een goede beschrijving en zeven een redelijke. Twaalf leerlingen geven ook in hun tweede conceptmap een beschrijving van deze subketen die als onvoldoende wordt gewaardeerd, hoewel zeven van hen binnen dit niveau wel vooruit gaan. Zij leggen in hun tweede conceptmap één of twee relaties meer dan in hun eerste conceptmap.

Samenvattend: in de eerste conceptmap beschrijven 13 leerlingen de subketen transport redelijk of goed. In de tweede conceptmap doet bijna tweederde van de leerlingen dat.

Waardering voor subketen uitscheiding

Waarden:	Criteria:
3 (goed)	Leerlingen vermelden dat afvalprodukten van de lever via de darmen als faeces worden uitgescheiden en dat uitscheiding van urine via de nieren gaat nadat de nieren het bloed hebben gefilterd.
2 (redelijk)	Leerlingen leggen in hun beschrijving geen relatie tussen de lever en uitscheiding, maar koppelen uitscheiding voornamelijk aan de nieren en urine.
1 (onvoldoende)	Leerlingen noemen niet de lever en leggen geen relatie tussen de begrippen nieren en filteren.

Een leerling heeft deze subketen zowel in de eerste conceptmap als in de tweede conceptmap goed beschreven (zie tabel 6.2).

Bij de eerste conceptmap zijn er zeventien leerlingen die voor deze subketen de waardering redelijk hebben gekregen. De meesten van hen leggen in hun eerste conceptmap geen relaties tussen de begrippen lever en uitscheiding, maar brengen alleen relaties aan tussen uitscheiding, nieren en urine. Veertien leerlingen geven ook in hun tweede conceptmap een beschrijving die als redelijk wordt gewaardeerd, van wie de meeste wel de juiste begrippen met elkaar in relatie brengen, maar niet alle relaties goed beschrijven. De drie overige leerlingen geven in hun tweede conceptmap een goede omschrijving.

Er zijn 20 leerlingen die in hun eerste conceptmap een beschrijving geven die als onvoldoende wordt gewaardeerd. De meesten van hen leggen geen relaties tussen de begrippen uitscheiding, lever, nieren en filteren; zij leggen alleen relaties met faeces, urine en zweet. Vijf leerlingen verwisselen de functies van de lever en de nieren en/of geven deze organen een verkeerde plaats in de conceptmap. Bij de tweede conceptmap beschrijven drie van deze 20 leerlingen de subketen goed. Negen leerlingen krijgen de waardering redelijk, omdat in hun tweede conceptmap nog een aantal beschrijvingen en/of relaties ontbreken. Acht leerlingen geven ook bij hun tweede conceptmap een beschrijving die als onvoldoende wordt gewaardeerd. Vier van hen geven hetzelfde antwoord als in hun eerste conceptmap, de overige vier leggen wel relaties tussen uitscheiding, lever en nieren, maar deze zijn niet goed en/of niet volledig.

Samenvattend: in de eerste conceptmap is de subketen uitscheiding door bijna de helft van de 38 van leerlingen redelijk of goed beschreven. In de tweede conceptmap geldt dit voor driekwart van de leerlingen.

Waardering voor subketen afbraak

Waarden:	Criteria:
3 (goed)	Leerlingen geven aan dat stoffen vanuit het bloed naar de lever kunnen gaan en daar eventueel kunnen worden afgebroken. Daarbij beschrijven zij dat stoffen vervolgens weer in de bloedbaan kunnen komen en onder meer naar de nieren getransporteerd kunnen worden.
2 (redelijk)	Leerlingen hebben in hun beschrijving niet aangegeven dat stoffen vanuit de lever weer in de bloedbaan kunnen komen en/of leerlingen hebben aan de lever, naast afbraak, ook functies gegeven die niet juist zijn.
1 (onvoldoende)	Leerlingen brengen het begrip afbraak niet in relatie met het begrip lever of noemen afbraak helemaal niet.

Er is één leerling die in beide conceptmaps een goede beschrijving geeft van deze subketen.

Twaalf leerlingen geven in hun eerste conceptmap een redelijke beschrijving. De meesten van hen kennen aan de lever, naast afbraak ook andere functies toe die niet juist zijn, zoals uitscheiding. Bovendien geven zij niet aan dat stoffen vanuit de lever weer in het bloed kunnen worden opgenomen. Drie van de twaalf leerlingen geven in hun tweede conceptmap een goede beschrijving. Zes leerlingen geven in hun tweede conceptmap een overeenkomstig antwoord als in hun eerste conceptmap. De overige drie leerlingen zijn achteruit gegaan in waardering.

Er zijn 25 leerlingen die in hun eerste conceptmap voor de beschrijving van de subketen afbraak een onvoldoende waardering krijgen. Deze leerlingen verbinden afbraak niet met de lever; sommigen noemen afbraak als functie van een ander orgaan, anderen vermelden afbraak helemaal niet. Zeven van deze leerlingen geven in hun tweede conceptmap een goede beschrijving. Twaalf leerlingen geven een redelijke beschrijving, waarin zij de juiste functies van lever en nieren noemen, maar waarbij het bloed als aanvoerroute ontbreekt. Zes leerlingen geven aan lever en/of nieren een verkeerde functie.

Samenvattend: de subketen afbraak wordt in de eerste conceptmap door 13 leerlingen redelijk of goed beschreven. In de tweede conceptmap neemt dit aantal toe tot 29.

Waardering voor de subketen opslag

Waarden:	Criteria:
3 (goed)	Leerlingen hebben aangegeven dat schadelijke stoffen, die niet zijn afgebroken of uitgescheiden, worden opgeslagen in vetweefsel en in doelwitorganen die daardoor kunnen worden aangetast.

- | | |
|-----------------|--|
| 2 (redelijk) | Leerlingen hebben in hun beschrijving het begrip doelwitorganen niet opgenomen maar geven wel aan dat schadelijke stoffen, die niet worden afgebroken of uitgescheiden, worden opgeslagen in vetweefsel. |
| 1 (onvoldoende) | Leerlingen hebben in hun beschrijving de begrippen vetweefsel, doelwitorganen en aantasting niet of verkeerd met elkaar in relatie gebracht. |

Er is één leerling die deze subketen in beide conceptmaps goed beschrijft. Drieëntwintig leerlingen geven in hun eerste conceptmap een beschrijving die als redelijk wordt gewaardeerd. De meeste leerlingen geven wel aan dat schadelijke stoffen in vet kunnen worden opgeslagen, maar gebruiken niet het begrip doelwitorganen. Van deze leerlingen geven er acht in hun tweede conceptmap een goede beschrijving; 13 leerlingen geven een beschrijving die als redelijk wordt gewaardeerd maar die bijna goed is; twee leerlingen geven een onvoldoende beschrijving. Er zijn 14 leerlingen die in hun eerste conceptmap de subketen opslag onvoldoende beschrijven. De meeste van deze leerlingen leggen slechts een enkele relatie zonder deze te beschrijven. Vier van deze leerlingen maken in hun tweede conceptmap een goede beschrijving. Daarnaast is er één leerling die een vergelijkbare beschrijving geeft als bij zijn eerste conceptmap. De overige negen leerlingen geven een beschrijving die bijna goed is.

Samenvattend: in de eerste conceptmap is de subketen opslag door bijna tweederde van de leerlingen redelijk of goed beschreven. In de tweede conceptmap geldt dit voor bijna alle leerlingen.

Waardering voor subketen integratie

- | Waarden: | Criteria: |
|-----------------|--|
| 3 (goed) | Leerlingen hebben zes of zeven subketens geïntegreerd, waarbij de geïntegreerde subketens tenminste de waardering redelijk hebben. |
| 2 (redelijk) | Leerlingen hebben vier of vijf subketens geïntegreerd, waarbij de geïntegreerde subketens tenminste de waardering redelijk hebben. |
| 1 (onvoldoende) | Leerlingen hebben nul tot vier subketens geïntegreerd, waarbij de geïntegreerde subketens tenminste de waardering redelijk hebben. |

Bij de eerste conceptmap integreert geen enkele leerling de subketens goed. Er zijn acht leerlingen die de subketens redelijk met elkaar integreren. Hiervan integreren vier leerlingen de subketens goed in hun tweede conceptmap, de vier andere leerlingen blijven op het zelfde niveau als in hun eerste conceptmap.

Bij de eerste conceptmap zijn er 30 leerlingen die de subketens onvoldoende integreren. Van hen zijn er 17 die ook in hun tweede conceptmap de subketens nog onvoldoende integreren, zeven leerlingen gaan echter binnen het niveau onvoldoende wel

Tabel 6.2

De kwaliteit van de subketens in conceptmap 1 en 2. Weergegeven zijn de frequenties waarmee bepaalde combinaties van waarderingen van de eerste en de tweede conceptmap al dan niet voorkomen (n=38).

1 = onvoldoende, 2 = redelijk, 3 = goed

vet: waardering van de subketen uit conceptmap 2 is hoger dan die uit conceptmap 1, wat vooruitgang betekent.
 cursief: waardering van de subketen uit conceptmap 2 is lager dan die uit conceptmap 1, wat achteruitgang betekent.
 normaal: waardering van de subketen uit conceptmap 2 is gelijk aan die uit conceptmap 1.

Combinaties van waarderingen →	1-1	1-2	1-3	2-2	2-1	2-3	3-3	3-2	3-1
Subketen ↓									
inname van schadelijke vloeistoffen	8	6	6	1	0	6	10	0	1
inname van schadelijke vaste stoffen	7	7	7	3	0	4	10	0	0
inname van schadelijke gassen	1	5	2	2	1	5	17	5	0
transport	12	7	6	4	1	6	2	0	0
uitscheiding	8	9	3	14	0	3	1	0	0
afbraak	6	12	7	6	3	3	1	0	0
opslag	1	9	4	13	2	8	1	0	0
integratie	17	6	7	4	0	4	0	0	0

vooruit, door twee à drie subketens meer te integreren dan in de eerste conceptmap. Van de 30 leerlingen zijn er zes die in hun tweede conceptmap de subketens redelijk integreren. De overige zeven leerlingen integreren de subketens in hun tweede conceptmap goed.

Samenvattend: in de eerste conceptmap verbindt circa een vijfde van de leerlingen de verschillende subketens redelijk met elkaar en zijn er geen leerlingen die de subketens goed integreren. In de tweede conceptmap neemt het aantal leerlingen dat de subketens op een redelijke of goede manier met elkaar in relatie brengt sterk toe.

6.3.2 Totaalwaarderingscores

Voor elke leerling is voor de eerste en de tweede conceptmap een totaalwaarderingscore berekend door de waarden voor elk van de subketens en de waarde voor integratie bij elkaar op te tellen. Deze scores staan weergegeven in figuur 6.4. De leerlingen staan in deze figuur op dezelfde manier geordend als bij de beschrijving van de globale analyse (figuur 6.1).

De meeste leerlingen uit de *laag scorende* groep (n=9) hebben in vergelijking met de leerlingen uit de andere groepen een lagere totaalwaarderingscore voor beide conceptmaps. Bij het vergelijken van de totaalwaarderingscores van beide conceptmaps is te zien dat binnen deze groep vijf leerlingen vooruit gaan, drie leerlingen iets achteruit gaan en één leerling dezelfde totaalwaarderingscore houdt.

De meeste leerlingen uit de *hoog scorende* groep ($n=9$) hebben in verhouding met de andere leerlingen een hogere totaalwaarderingscore (≥ 16) voor beide conceptmaps. Alle leerlingen uit deze groep gaan vooruit, zij het relatief minder dan leerlingen uit de *gemiddeld scorende* groep. Bij deze laatste groep gaan bij de tweede conceptmap 17 leerlingen vooruit, waarbij 13 leerlingen een hoog aantal (≥ 16) punten hebben en twee leerlingen dezelfde totaalwaarderingscore houden. In deze *gemiddeld scorende* groep is een grote variatie in hoogte van de totaalwaarderingscores voor de tweede conceptmap, variërend van 11 tot 23.

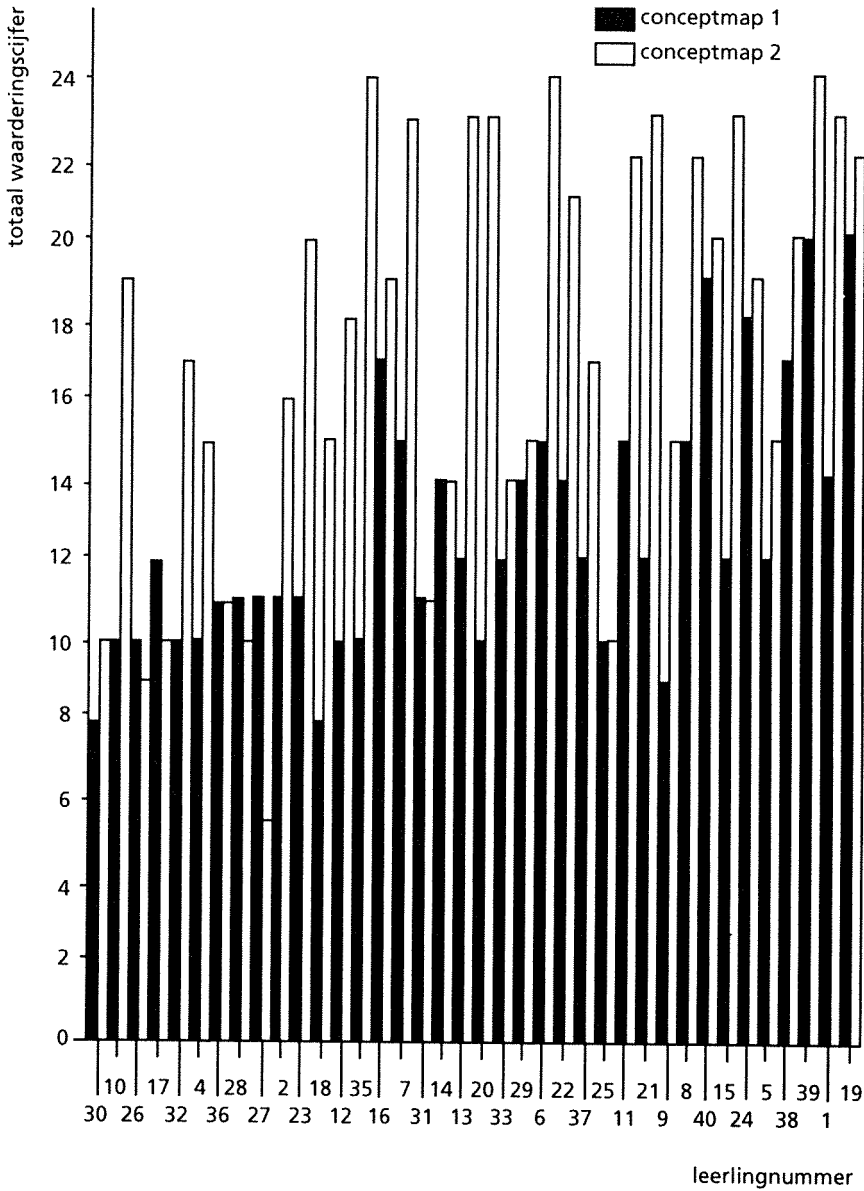
6.4. Discussie en conclusies

Uit de resultaten van de globale analyse van de voor- en natoets is een algemeen beeld van de veranderingen in kennis verkregen. In hoofdstuk drie is gewezen op het belang van voorkennis bij zinvol-leren. Leerlingen met minder voorkennis hebben een beperkte, minder volledige cognitieve structuur en zullen daardoor meer moeite hebben om nieuwe informatie te verwerken (Ausubel, 1968). De resultaten van de globale analyse bevestigen de relatie tussen de hoeveelheid voorkennis en mate van vooruitgang. Op grond van de aanwezige voorkennis kunnen drie groepen onderscheiden worden: leerlingen met relatief weinig voorkennis, leerlingen met relatief veel voorkennis en leerlingen met een 'gemiddelde' voorkennis. Leerlingen uit de relatief grote midden-groep vertonen de grootste vooruitgang bij het vergelijken van de eerste met de tweede conceptmap. Verder blijkt dat bij alle drie de groepen de grootste veranderingen tussen beide conceptmaps bestaan uit toename van het aantal goed beschreven relaties in de tweede conceptmap en een afname van het aantal niet-goede relaties.

Volgens Novak en Gowin (1984) kan aan de hand van de structuur van een conceptmap een zwakkere leerling van een sterkere leerling worden onderscheiden. Leerlingen die een betere conceptmap maken, leggen en beschrijven niet alleen meer relaties maar brengen ook een complexere structuur aan. Dit komt overeen met resultaten uit de globale analyse. De conceptmaps van de *laag scorenden* hebben over het algemeen een minder vertakte structuur dan de conceptmaps van de andere leerlingen. De eerstgenoemde leerlingen plaatsen over het algemeen een beperkter aantal begrippen in één of meerdere ketens achter elkaar en leggen weinig relaties tussen de begrippen, terwijl leerlingen uit de groepen *hoog scorend* en *gemiddeld scorend* groep meer relaties en een meer vertakte structuur hebben aangebracht in hun conceptmap (zie bijlage 5).

In aanvulling op de globale analyse is de subketen-analyse ontwikkeld om een beeld te krijgen van veranderingen in de inhoudelijke kennis van leerlingen met betrekking tot de samenhang van lichaamsprocessen. Uit de resultaten van de subketen-analyse blijkt eveneens dat de meeste leerlingen in de tweede conceptmap beter in staat zijn om de afzonderlijke lichaamsprocessen te beschrijven en onderling met elkaar in relatie te brengen.

In verhouding met andere subketens, is de subketen transport voor veel leerlingen moeilijk te beschrijven. Er is een relatief gering aantal leerlingen dat deze subketen in



figuur 6.4

Vergelijking van de totaalwaarderingscores van conceptmap 1 en 2 per leerling (n=38).

hun tweede conceptmap goed weergeeft. Dit doet vermoeden dat leerlingen ook bij de tweede conceptmap geen goed beeld hebben van de belangrijke rol van bloed als transportmiddel. Deze conclusie correspondeert echter niet met de verbeteringen in de beschrijvingen van de afzonderlijke lichaamsprocessen van de tweede conceptmap, waarbij bij de meeste leerlingen een toename is te zien van het aantal goede relaties met het

begrip bloed. Achteraf gezien is de omschrijving van de categorie goed bij de subketen transport te veel vanuit de kennis van de expert gedacht. Leerlingen krijgen de waardering goed indien zij zes of meer relaties met bloed leggen. Het blijkt dat slechts een klein aantal leerlingen dit doet. Toch leggen verschillende leerlingen in hun tweede conceptmap circa vier extra relaties met bloed in vergelijking met hun eerste conceptmap. Dit geeft aan dat deze leerlingen het belang van bloed als transportmiddel wel degelijk zien.

De grootste toename van kennis tussen de eerste en de tweede conceptmap is te zien bij het vergelijken van de beschrijvingen van de lichaamsprocessen afbraak, uitscheiding en opslag. Bij de eerste conceptmap vinden leerlingen het moeilijk om de begrippen die bij deze lichaamsprocessen horen op een juiste manier te plaatsen. Begrippen als lever, nieren, uitscheiding en afbraak zijn wel in de onderbouw genoemd, maar leerlingen hebben aan deze begrippen niet meer dan een oppervlakkige betekenis gegeven en zij hebben deze begrippen niet met elkaar in relatie gebracht. Omdat deze begrippen toch enigszins bekend zijn, kunnen de meeste leerlingen de informatie uit de lessenserie over deze lichaamsprocessen verwerken. Veel leerlingen kunnen deze lichaamsprocessen in hun tweede conceptmap wel goed beschrijven en geven aan dat er drie manieren zijn waarop het lichaam om kan gaan met schadelijke stoffen die in de bloedbaan zijn opgenomen. De stof kan door de lever worden afgebroken en worden uitgescheiden via de ontlasting, of de stof kan door de nieren uit het bloed worden gefilterd en via de urine worden uitgescheiden, of de stof kan worden opgeslagen in vetweefsel of in bepaalde organen.

Hoewel de meeste leerlingen in meer of mindere mate vooruitgaan tussen de eerste en de tweede conceptmap, gaat een gering aantal leerlingen achteruit. Uit aanvullende interviews met deze leerlingen blijkt dat dit ten dele te verklaren is doordat de betreffende leerlingen weinig interesse hadden in de onderwerpen.

Concluderend kan gezegd worden dat leerlingen, die bij het maken van de eerste conceptmap nog een versnipperd beeld hebben van het samenspel van de verschillende lichaamsprocessen en veelal moeite hebben om de verschillende lichaamsprocessen te beschrijven, na afloop van de lessen-serie een geïntegreerd beeld hebben van de lichaamsprocessen en hun onderlinge relaties.

Hoofdstuk 7

Begripsontwikkeling gemeten met behulp van casustoetsen

De casustoetsen dienen om na te gaan of en in hoeverre leerlingen kennis over lichaamsprocessen en van algemeen-toxicologische principes kunnen toepassen in andere contexten dan waarin de kennis is geleerd. Die nieuwe contexten bestaan uit krantenartikelen over onderwerpen die voor de leerlingen nieuw zijn. Zoals in paragraaf 5.2.1 is beschreven, bestaat een casustoets uit een aantal opdrachten die betrekking hebben op lichaamsprocessen, ADI, dosis-effect relaties en extrapolatie van proef-diergegevens. In paragraaf 7.1 worden, in grote lijnen, de verwachte uitkomsten van de analyse van de vier casustoetsen beschreven. In paragraaf 7.2 zijn de resultaten van de analyse van de eerste drie casustoetsen weergegeven. De resultaten van de vierde casustoets, die als retentie-toets is afgenomen, worden vermeld in paragraaf 7.3. In paragraaf 7.4 wordt aan de hand van gemiddelde eindscores een vergelijking gemaakt tussen de verschillende casustoetsen. In paragraaf 7.5. worden de resultaten uit de voorgaande paragrafen bediscussieerd en worden conclusies getrokken.

7.1 Verwachte uitkomsten van de analyse van de casustoetsen

Ik verwacht dat onder invloed van het curriculum er bij de derde casustoets meer leerlingen zijn die hun antwoorden kunnen onderbouwen met relevante argumenten dan bij de eerste casustoets.

Meer specifiek verwacht ik dat leerlingen bij de derde casustoets:

- Een beter beeld hebben van de weg die een schadelijke stof door het lichaam kan afleggen dan bij de eerste en tweede casustoets;
- De betekenis van het begrip ADI kennen en hierbij relaties kunnen leggen met de begrippen: dosis, lichaamsgewicht en frequentie van blootstelling. Leerlingen die bij de eerste casustoets, bij aanvang van de lessenserie, bij intuïtie antwoorden dat eenmalige overschrijding van de ADI niet gevaarlijk is, zullen bij de derde casustoets, gebruik makend van begrippen als frequentie van blootstelling en veiligheidsfactor, in staat zijn hun antwoord adequaat te onderbouwen. Leerlingen die bij de eerste casustoets van mening zijn dat eenmalige overschrijding van de ADI wel schadelijk is, hebben weinig relevante voorkennis en zullen meer moeite hebben met verwerken van nieuwe begrippen in relatie tot ADI. Zij zullen na afloop van de lessenserie waarschijnlijk wel aangeven dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is, maar zullen hun antwoorden minder volledig kunnen onderbouwen dan leerlingen die over meer relevante voorkennis beschikken.
- Betekenis kunnen geven aan 'extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens'. Leerlingen die bij de eerste casustoets antwoorden dat stoffen die carcinogeen zijn voor proefdieren ook carcinogeen zijn voor de mens, zullen aan het eind van de lessenserie het voorbehoud maken dat dergelijke stoffen niet per definitie schadelijk zijn. Leerlingen die bij de eerste casustoets op grond van vage noties aangeven dat stoffen die carcinogeen zijn voor proefdieren niet automatisch carcinogeen zijn voor de mens, zullen na afloop van de lessenserie in hun antwoord aangeven dat nader onderzoek nodig is en dat mensen en proefdieren verschillend kunnen reageren op blootstelling aan schadelijke stoffen.

Verder verwacht ik dat leerlingen in de brief die zij bij de derde casustoets schrijven meer adequate argumenten gebruiken dan in de brief bij de eerste casustoets. Ik ga er vanuit dat het merendeel van de leerlingen bij de derde casustoets in staat is om de kennis die zij tijdens de lessenserie hebben verworven en verwerkt, om te zetten in een brief met adequate argumenten. Bij het schrijven van de brief uit de eerste casustoets zullen leerlingen vooral argumenten gebruiken die op intuïtie zijn gebaseerd.

Het open karakter van de briefopdracht zal de leerlingen meer uitnodigen om argumenten in eigen woorden weer te geven dan de meer sturende open vragen. Verwacht wordt dat de kern van de argumenten uit de brief inhoudelijk overeenkomt met de antwoorden op de open vragen uit de betreffende casustoets.

De tweede casustoets is als tussentoets afgenomen, nadat het hoofdstuk over lichaamsprocessen aan de orde is geweest. Hierbij wordt verwacht dat de antwoorden over lichaamsprocessen al verbeterd zullen zijn ten opzichte van de antwoorden van de eerste casustoets, maar dat de antwoorden over de toxicologische onderwerpen in overeenstemming zullen zijn met de antwoorden van de eerste casustoets.

Verder wordt verwacht dat de antwoorden van de vierde casustoets, de retentie-toets, minder volledig zullen zijn dan de antwoorden uit de derde casustoets, maar dat de strekking van de antwoorden uit deze beide casustoetsen overeenkomt.

7.2 Begripsontwikkeling tijdens de uitvoering van het curriculum

In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt tussen de antwoorden van de eerste drie casustoetsen. In de open vragen van deze casustoetsen en in de opdracht om een brief te schrijven zijn verschillende onderwerpen aan de orde gekomen ¹:

- lichaamsprocessen: leerlingen beschrijven de weg van een schadelijke stof door het lichaam.
- ADI: leerlingen berekenen een ADI en geven de betekenis van de ADI in het algemeen aan.
- Extrapolatie van proefdiergegevens: leerlingen geven aan of stoffen die carcinogeen zijn bij proefdieren ook carcinogeen zijn bij de mens.
- Dosis-effect relaties: leerlingen leggen relaties tussen lichaamsgewicht, wijze van blootstelling, tijd, effect en dosis.

Bij het analyseren van de antwoorden op de open vragen en de brieven van de briefopdracht zijn overeenkomstige antwoorden van een code en een waarde voorzien (1 = onvoldoende, 2 = redelijk, 3 = goed).

In de volgende subparagrafen worden per onderwerp de resultaten van de analyse van antwoorden op de open vragen en de brieven weergegeven. Hierbij zal een overzicht worden gegeven van verschillen in de waardering van de antwoorden en verschillen in de aard van de antwoorden. Aan het eind van elke subparagraaf zal de vooruitgang in waardering van individuele leerlingen worden aangegeven en zullen als illustratie de antwoorden van enkele leerlingen worden weergegeven ².

7.2.1 Veranderingen in kennis over lichaamsprocessen

- *Vergelijking van waarderingen*

Uit tabel 7.1 blijkt dat bij de derde casustoets het aantal leerlingen dat een redelijk of goed antwoord geeft, is toegenomen in vergelijking met de eerste casustoets. De waardering van de antwoorden op de vraag over lichaamsprocessen van de tweede casustoets is niet in de tabel genoemd, omdat deze vraag slechts door een beperkt aantal leerlingen is beantwoord.

- *Vergelijking van inhoud*

Hieronder staat samengevat welke de onderlinge verschillen zijn tussen de antwoorden op de vraag over de weg van een schadelijke stof door het lichaam uit de eerste en de derde casustoets. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in kennis over: opname van scha-

¹ Een onderwerp kan als open vraag en/of als aandachtspunt voor de brief-opdracht aan de orde komen.

² In paragraaf 7.4 wordt nader beschreven hoe deze leerlingen geselecteerd zijn.

Tabel 7.1

Procentuele verdeling van de waardering van de antwoorden op de vraag over lichaamsprocessen in de eerste en in de derde casustoets

Waardering	casustoets 1 (n= 38)	casustoets 3 (n=35)
goed	3	37
redelijk	31	54
onvoldoende	66	9

delijke stoffen, bloed, nieren, lever en opslag. Bij de eerste casustoets is deze vraag door 38 leerlingen beantwoord, bij de derde casustoets door 35 leerlingen.

Opname

Bij de eerste casustoets geven 13 leerlingen aan dat stoffen vanuit het maagdarmkanaal in het bloed worden opgenomen. De overige leerlingen noemen opname in het bloed niet, maar vermelden alleen mond en maag of maagdarmkanaal. Bij de derde casustoets geven bijna alle leerlingen aan dat de betreffende stof PER via de longen in het bloed wordt opgenomen.

Bloed

Bij de eerste casustoets noemen 20 leerlingen het bloed niet. Van de overige 18 leerlingen geven vijf leerlingen niet aan dat stoffen vanuit de darmen in het bloed worden opgenomen. Geen enkele leerling geeft aan dat stoffen vanuit de lever opnieuw in het bloed kunnen komen. Bij de derde casustoets noemen alle leerlingen het bloed als transportmiddel, van wie 13 meerdere malen: van longen naar bloed, van lever naar bloed en/of van nieren naar bloed.

Nieren

Bij de eerste casustoets noemen 21 leerlingen in hun antwoord de nieren. Vijf van deze leerlingen vermelden hierbij niet de functie van de nieren. De overige leerlingen verbinden de nieren met uitscheiding of met urine. Bij de derde casustoets noemt slechts een gering aantal leerlingen de nieren.

Lever

In totaal noemen zes leerlingen de lever in de eerste casustoets. Van deze groep geeft één leerling aan dat afbraak een functie van de lever is. Bij de derde casustoets vermelden 28 leerlingen de lever in hun antwoord. Hiervan beschrijven negen leerlingen geen functie van de lever. De overige leerlingen brengen de lever in relatie met afbraak.

Opslag

Er is één leerling die in de eerste casustoets opslag noemt als functie van de lever. Uit het krantenartikel van de derde casustoets is af te leiden dat PER uiteindelijk in de hersenen terecht komt. Hierdoor is het niet verwonderlijk dat een groot deel van de leerlingen aangeeft dat PER in de hersenen terecht komt. Het begrip opslag wordt hierbij echter niet direct genoemd.

Tabel 7.2

Vergelijking (n=35) van de waardering van de individuele antwoorden op de vraag over lichaamsprocessen uit de eerste en derde casustoets

(1 = onvoldoende, 2 = redelijk, 3 = goed; met vet is vooruitgang gemarkeerd).

Waardering casustoets 1	Waardering casustoets 3	Aantal leerlingen
1	1	3
2	2	5
1	2	13
2	3	6
1	3	7
2	1	1

In de briefopdracht uit de tweede casustoets besteden verschillende leerlingen aandacht aan de omzetting van nitraat. Hierbij worden verschillende redeneringen gegeven, waarvan er 24 de waardering goed hebben gekregen, bijvoorbeeld antwoorden als: Nitraat kan worden omgezet in nitriet en nitriet kan leiden tot ademhalingsmoeilijkheden (17 leerlingen).

De leerlingen vermelden in hun brief niets over lichaamsprocessen en lichaamsfuncties die betrokken zijn bij de weg van een schadelijke stof door het lichaam.

- *Individuele vooruitgang*

Omdat niet alle leerlingen de tweede casustoets hebben gemaakt, zijn de waarderingen voor de antwoorden uit de eerste en derde casustoets vergeleken, zie tabel 7.2. In totaal hebben 35 leerlingen beide vragen gemaakt, hiervan geven 26 leerlingen (met vet aangegeven in de tabel) bij de derde casustoets een kwalitatief beter antwoord dan bij de eerste casustoets.

- *Voorbeelden van antwoorden van leerlingen*

Hieronder wordt een aantal voorbeelden gegeven van veranderingen in antwoorden die optreden tussen de eerste en de derde casustoets. Het antwoord van leerling 28 bij de eerste casustoets is als onvoldoende gewaardeerd; bij de derde casustoets geeft ze een antwoord dat als redelijk wordt gewaardeerd. De antwoorden van leerling 36 en leerling 26 zijn bij de eerste casustoets als onvoldoende gewaardeerd. Deze leerlingen geven bij de derde casustoets goede antwoorden.

	antwoord casustoets 1	antwoord casustoets 3
Leerling 28:	<i>Door maagdarmkanaal, door nier, deze scheidt uit.</i>	<i>Via de longen naar de lever (probeert af te breken), dan terug in het bloed en via het bloed naar de hersenen.</i>

leerling 36:	<i>Via maag in urine, verlaat het lichaam.</i>	<i>Via de longen naar het bloed, komt vervolgens in de lever (kan daar niet worden afgebroken) komt terug in het bloed en komt dan in de hersenen.</i>
leerling 26:	<i>Komt in maagdarmkanaal, als in de maag niets wordt afgebroken dan lever of galblaas.</i>	<i>Van de longen en via het bloed naar de lever (kan daar niet worden afgebroken), komt terug in het bloed en komt dan bij doelwitorganen, in dit geval de hersenen.</i>

Samenvattend: de antwoorden op de vraag over lichaamsprocessen van de derde casustoets zijn kwalitatief beter dan de antwoorden op de overeenkomstige vraag bij de eerste casustoets. Bij de derde casustoets hebben leerlingen een beter beeld van de transportfunctie van het bloed en de afbraakfunctie van de lever en is het percentage leerlingen dat een redelijk of goed antwoord geeft groter dan bij de eerste casustoets.

7.2.2 Veranderingen in kennis over de ADI

Bij het bespreken van de antwoorden over de ADI moet onderscheid gemaakt worden tussen het kunnen berekenen van de ADI en het hebben van inzicht in de betekenis van het eenmalig overschrijden van de ADI.

Bij het berekenen van de ADI is er tussen de eerste en tweede casustoets een duidelijke verbetering te zien. Bij de eerste casustoets maken slechts drie leerlingen (8%) een goede berekening. Zij rekenen uit hoeveel milligram van een bepaalde kleurstof iemand van een bepaald lichaamsgewicht kan opnemen, voordat de ADI van deze kleurstof wordt overschreden. De overige leerlingen maken geen of een zeer onvolledige berekening. Bij de derde casustoets maken bijna alle leerlingen die deze vraag beantwoord hebben een goede berekening (22 leerlingen = 96%).

- *Vergelijking van de waarderungen*

In tabel 7.3 worden de waarderungen van de antwoorden op de open vragen naar de schadelijkheid van het eenmalig overschrijden van de ADI vergeleken. Hieruit blijkt dat bij de derde casustoets meer leerlingen een redelijk of goed antwoord geven dan in de eerste casustoets. Opgemerkt moet worden dat bij de ADI-vragen de waardering onvoldoende is gegeven als leerlingen in hun antwoord vermelden dat eenmalige overschrijding van de ADI schadelijk is. De leerlingen die de waardering redelijk of goed hebben gekregen, hebben allen in hun antwoord aangegeven dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is, maar zij onderbouwen hun antwoorden verschillend.

- *Vergelijking van de argumentatie*

Over de betekenis van het eenmalig overschrijden van de ADI denken de leerlingen verschillend. Bij de eerste casustoets vinden 24 leerlingen (65%) het eenmalig overschrijden van de ADI schadelijk. Zij hebben voor hun antwoorden de waardering onvoldoende gekregen. Zij noemen hierbij verschillende argumenten:

Tabel 7.3

Procentuele verdeling van de waardering van de antwoorden op de vraag over ADI in de eerste en in de derde casustoets.

Waardering	casustoets 1 (n= 38)	casustoets 3 (n=35)
goed	30	52
redelijk	5	43
onvoldoende	65	5

- Er is niet voor niets een maximum grens gesteld (elf leerlingen).
- Een keertje overschrijden van de ADI is een beetje schadelijk (zeven leerlingen).
- Het lichaam kan de binnengekomen stoffen niet verwerken (drie leerlingen).

Daarnaast zijn 13 leerlingen (35%) van mening dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is. De meeste leerlingen gebruiken het volgende argument dat als goed is gewaardeerd: Eén keertje de ADI overschrijden is niet erg, als je altijd zoveel eet wel (tien leerlingen).

Na afloop van de lessenserie bij de derde casustoets, is slechts één leerling (3%) van mening dat eenmalige overschrijding van de ADI wel schadelijk is. De overige 34 leerlingen (97%) vinden allen dat het niet schadelijk is om de ADI van een stof een keer te overschrijden. Hierbij is ook een verandering in argumenten te zien. Op één na onderbouwen al deze 34 leerlingen hun antwoorden vakinhoudelijk gezien correct. Zij gebruiken daarbij de volgende argumenten:

- Het gaat om de frequentie, één keer is niet erg, vaker wel (drie leerlingen).
- Er is een veiligheidsfactor ingebouwd (twaalf leerlingen).
- Het is alleen bij regelmatige blootstelling schadelijk en er is een veiligheidsfactor ingebouwd (18 leerlingen).

Zesendertig leerlingen hebben de briefopdracht van de eerste casustoets gemaakt. Een aantal van deze leerlingen besteedt aandacht aan de ADI. Vijf leerlingen zijn van mening dat overschrijding van de ADI niet schadelijk is, tenzij het regelmatig gebeurt. Volgens vijf andere leerlingen is er geen reële kans dat de ADI overschreden wordt, omdat je een enorme hoeveelheid snoep met een bepaalde kleurstof moet eten. Daarnaast zijn er vier leerlingen van mening dat stoffen met een ADI schadelijk zijn en dat stoffen zonder ADI niet schadelijk zijn.

Bij de tweede casustoets besteden 21 leerlingen in hun briefopdracht aandacht aan het onderwerp overschrijding van de ADI. Hierbij geven zeven leerlingen aan dat eenmalige overschrijding van de ADI schadelijk is, zonder dit nader toe te lichten. Elf leerlingen geven aan dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is; zeven van deze leerlingen merken op dat regelmatige overschrijding van de ADI wel schadelijk is; de vier anderen wijzen op de veiligheidsfactor. Uit de brieven die de leerlingen bij de derde casustoets hebben geschreven blijkt dat alle 31 leerlingen die iets over dit item

schrijven, van mening zijn dat het niet schadelijk is om een enkele keer de ADI van een stof te overschrijden. Het grootste deel van de argumenten die in de brieven worden aangedragen, stemt overeen met de antwoorden op de open vraag over de ADI uit de derde casustoets. Deze antwoorden zijn als goed gewaardeerd:

- Overschrijding van de ADI is op de lange termijn, bij hoge frequentie wel schadelijk (24 leerlingen).
- Er is een veiligheidsfactor ingebouwd (3 leerlingen).

De overige leerlingen gebruiken een andere argumentatie die als redelijk is gewaardeerd, zoals

- Een enkele keer teveel is niet erg, de lever heeft dan tijd voor afbraak.

• *Individuele vooruitgang*

De hierboven geschetste veranderingen geven aan dat de groep als geheel bij de derde casustoets kwalitatief betere antwoorden geeft op de vraag naar de schadelijkheid van het eenmalig overschrijden van de ADI dan bij de eerste casustoets. Om een idee te krijgen van de vooruitgang van individuele leerlingen wordt een vergelijking gemaakt tussen de waardering voor de ADI-vraag van de eerste en derde casustoets, zie tabel 7.4. Uit het vette deel van de tabel blijkt dat 23 leerlingen (68%) van het totaal van 34 leerlingen vooruitgaan. Ongeveer de helft van deze 23 leerlingen geeft bij de eerste casustoets een onvoldoende antwoord en bij de derde casustoets een goed antwoord. De andere helft gaat iets minder vooruit, zij gaan van onvoldoende naar redelijk of van redelijk naar goed. Elf leerlingen (32%) maken geen vooruitgang in waardering, zij blijven de waarde onvoldoende of goed houden of gaan achteruit.

• *Voorbeelden van antwoorden van leerlingen*

Hieronder worden voorbeelden van antwoorden van leerlingen gegeven. Leerling 13 en 28 geven bij de eerste casustoets een onvoldoende antwoord en bij de derde casustoets een goed antwoord. Leerling 32 en leerling 19 geven bij de eerste casustoets een onvoldoende antwoord en bij de derde casustoets een redelijk antwoord.

	antwoord casustoets 1	antwoord casustoets 3
Leerling 13:	<i>Grens van ADI is algemeen, het lichaam zal wel maatregelen nemen tegen dergelijke stoffen, bv. anti-stoffen maken.</i>	<i>Alleen schadelijk bij regelmatige overschrijding, een keer niet erg, ook vanwege veiligheidsfactor.</i>
Leerling 28:	<i>Kan schadelijk zijn. De overheid stelt niet voor niets normen.</i>	<i>Alleen schadelijk bij regelmatige overschrijding, één keer niet erg, vaker wel. Ook vanwege veiligheidsfactor.</i>
Leerling 32:	<i>Ja, volgens de gegevens van de overheid is het schadelijk, de ADI is er niet voor niets.</i>	<i>Nee, er is een veiligheidsfactor ingebouwd.</i>

Tabel 7.4

Vergelijking (n=34) van de waardering van de individuele antwoorden op de vraag over ADI uit de eerste en derde casustoets

(1 = onvoldoende, 2 = redelijk, 3 = goed; met vet wordt vooruitgang gemarkeerd).

Waardering casustoets 1	Waardering casustoets 3	Aantal leerlingen
1	1	2
3	3	5
1	2	10
1	3	11
2	3	2
3	2	4

Leerling 19: De jongen moet ± 20 zakjes snoep eten en dat is niet gezond. Niet als het eenmalig is, maar oppassen als het de hele week zo is. Ten tweede het zal wel gevaarlijk kunnen zijn, de regering stelt zo'n norm niet voor niets.

Samenvattend: bij de derde casustoets zijn bijna alle leerlingen van mening dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is. Bij de eerste casustoets hebben slechts 13 leerlingen deze opvatting. Ook is er een verandering in de aard van de argumenten te zien. Bij de eerste casustoets noemen leerlingen argumenten die veelal gebaseerd zijn op intuïtieve noties. Bij de derde casustoets gebruiken leerlingen argumenten die wetenschappelijk gezien juist zijn.

7.2.3 Veranderingen in kennis over extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens

- *Vergelijking van de waarderingen*

De vraag of een stof die carcinogeen is bij proefdieren ook carcinogeen is bij de mens, komt in de tweede casustoets als open vraag aan de orde en in de derde casustoets als onderdeel van de briefopdracht. In tabel 7.5 worden de waarderingen van de antwoorden op de vragen over de extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens onderling vergeleken. Uit deze tabel blijkt een toename van het aantal leerlingen dat bij de derde casustoets een redelijk antwoord geeft en een afname van het aantal leerlingen dat een antwoord geeft met de waardering onvoldoende of goed. Hierbij moet opgemerkt worden dat de beoordelingscriteria voor de antwoorden uit de tweede casustoets iets soepeler zijn dan die van de brief uit de derde casustoets. Bij de tweede casustoets zijn de antwoorden goedgekeurd waarin vermeld wordt dat extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens niet mogelijk is, ongeacht de onderbouwing van de antwoorden³.

³ Op het moment dat casustoets 2 wordt gemaakt, is er binnen de lessenserie nog geen aandacht besteed aan extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens, daarom is in de eerste casustoets geen vraag over dit onderwerp gesteld

Tabel 7.5

Procentuele verdeling van de waardering van de antwoorden op de vraag over extrapolatie van proefdiergegevens in de tweede en in de derde casustoets.

Waardering	casustoets 2 (n= 24)	casustoets 3 (n=35)
goed	40	34
redelijk	8	58
onvoldoende	52	8

Bij de derde casustoets, zijn er eisen aan de onderbouwing gesteld. Leerlingen hebben de waardering goed gekregen als zij aangeven dat extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens niet zonder meer mogelijk is en hun mening met relevante argumenten onderbouwen. Antwoorden zonder een adequate onderbouwing zijn als redelijk gewaardeerd.

• *Vergelijking van de argumentatie*

De vraag over extrapolatie van proefdiergegevens is bij de tweede casustoets door 24 leerlingen beantwoord. Hiervan antwoorden 14 leerlingen (58%) dat een stof die schadelijk is voor proefdieren ook schadelijk is voor de mens. De meeste leerlingen geven hierbij aan dat de mens in verhouding evenveel van de schadelijke stof moet binnenkrijgen als het proefdier. Deze antwoorden zijn alle als onvoldoende gewaardeerd. Zeven leerlingen (29%) zijn van mening dat een stof die voor proefdieren kankerverwekkend is, niet kankerverwekkend voor de mens hoeft te zijn. Als onderbouwing zijn door de leerlingen verschillende argumenten genoemd die alle als goed zijn gewaardeerd:

- Misschien reageren mensen anders dan proefdieren (drie leerlingen).
- Er staat niet bij in welke hoeveelheden en onder welke omstandigheden nitraat in nitriet wordt omgezet (drie leerlingen).
- Je weet niet welk proefdier is gebruikt (één leerling).

Bij de derde casustoets zijn er 19 leerlingen die in de briefopdracht iets zeggen over de extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens. Zeven van deze leerlingen (33%) antwoorden dat stoffen die carcinogeen zijn bij proefdieren ook carcinogeen zijn bij de mens. Hierbij wordt door de meeste leerlingen dezelfde toelichting gegeven als in de tweede casustoets, namelijk:

- De mens moet in verhouding evenveel schadelijke stoffen binnenkrijgen als het proefdier.

Bij de derde casustoets zijn 12 leerlingen (57%) van mening dat het niet mogelijk is om op grond van proefdiergegevens de carcinogeniteit van een stof voor de mens te bepalen. Als onderbouwing van hun antwoord voeren zij aan:

- Er moet meer onderzoek gedaan worden.

Daarnaast zijn er twee leerlingen die onduidelijke antwoorden geven in de trant van: "Het is niet zwaar carcinogeen maar wel een beetje".

Tabel 7.6

Vergelijking (n=19) van de waardering van de individuele antwoorden op de extrapolatie-vraag uit de tweede en derde casustoets.

(1 = onvoldoende, 2 = redelijk, 3 = goed, met vet wordt vooruitgang gemarkeerd).

Waarderingcasustoets 2	Waarderingcasustoets 3	Aantal Leerlingen
1	1	3
1	2	1
1	3	4
2	1	2
2	2	1
2	3	1
3	1	1
3	2	1
3	3	5

• *Individuele vooruitgang*

Om een idee te krijgen van de vooruitgang van individuele leerlingen is in tabel 7.6 een vergelijking gemaakt tussen de waardering van de antwoorden op de extrapolatie-vraag uit de tweede en derde casustoets.

Er zijn 19 leerlingen die beide opdrachten gemaakt hebben. Opvallend is dat de helft van deze leerlingen op een zelfde niveau blijft. Zes leerlingen gaan vooruit (zie vette deel van tabel 7.6). De overige vier leerlingen gaan achteruit.

• *Voorbeelden van antwoorden van leerlingen*

Op de volgende bladzijde worden voorbeelden van antwoorden van leerlingen gegeven. Leerling 28 geeft bij beide casustoetsen een antwoord dat als onvoldoende is gewaardeerd. Leerling zeven gaat vooruit van redelijk naar goed en leerling negentien geeft bij de tweede casustoets een goed antwoord en bij de derde casustoets een antwoord dat als onvoldoende is gewaardeerd.

	antwoord casustoets 2	antwoord casustoets 3
Leerling 28:	<i>Bij dieren kankerverwekkend dan bij de mens in grote hoeveelheden ook kankerverwekkend.</i>	<i>PER is wel kankerverwekkend als het bij ratten kankerverwekkend is, bij gelijke verhouding dan is het bij de mens ook schadelijk.</i>
Leerling 19:	<i>Nee, misschien reageren mensen anders op nitrosaminen.</i>	<i>De mens kan wel meer opnemen. PER is wel schadelijk, als het bij ratten schadelijk is dan bij mensen ook.</i>
Leerling 7:	<i>Als de omstandigheden voor de mens het zelfde zijn als bij proefdieren dan schadelijk, alleen in mindere mate. Vooral bij kinderen die minder wegen meer schadelijke effecten.</i>	<i>Als PER bij muizen carcinogeen is, dan mogelijk ook bij de mens maar dat moet eerst verder onderzocht worden.</i>

Samenvattend: bij de derde casustoets geeft een hoger percentage leerlingen, in vergelijking met de tweede casustoets, aan dat resultaten van proefdieronderzoek niet direct extrapolabel zijn naar de mens. Een groot aantal leerlingen blijft echter van mening dat stoffen die carcinogeen zijn bij proefdieren ook schadelijk zijn voor de mens.

7.2.4 Veranderingen in kennis over dosis-effect relaties

Bij het beantwoorden van de vragen over de betekenis van overschrijding van de ADI zijn leerlingen indirect bezig met het redeneren in termen van dosis-effect relaties. Immers, zij moeten hierbij relaties leggen tussen de begrippen: hoeveelheid (dosis), frequentie van blootstelling, duur van blootstelling, lichaamsgewicht en effect. In de derde casustoets is als aanvulling op de vragen over ADI een aparte vraag over dosis-effect relaties opgenomen. Hierbij wordt gevraagd of er verschil is in de kans op lichamelijke klachten ten gevolge van blootstelling aan een grote hoeveelheid PER, tussen een kleine, dikke man en een lichtere, lange en gespierde man. De vraag is door 35 leerlingen beantwoord. Zestien leerlingen (46%) geven een antwoord dat als goed is gewaardeerd. De strekking van deze antwoorden is dat het gaat om de verhouding milligram PER per kilogram lichaamsgewicht en dat de kleine dikke man vanwege zijn hogere gewicht dus een kleinere kans heeft op lichamelijke klachten als gevolg van blootstelling aan PER.

Er zijn 15 leerlingen (43%) die een antwoord geven dat als redelijk wordt gewaardeerd. Zij geven wel aan dat de zwaardere man een kleinere kans op lichamelijke klachten heeft, maar vermelden niet expliciet dat het gaat om milligram schadelijke stof per kilogram lichaamsgewicht. Onvoldoende gewaardeerd zijn antwoorden als: *"Nee PER gaat naar de hersenen en kilogram per milligram lichaamsgewicht maakt niet uit"*. Een dergelijke antwoord is door vier leerlingen (11%) gegeven.

Voorbeelden van antwoorden van leerlingen

Voorbeelden van antwoorden van enkele leerlingen op de vraag of er een verschil is tussen de kans op schadelijke effecten na blootstelling aan een grote hoeveelheid PER tussen een kleine, dikke man en een lichtere, lange en gespierde man.

Het antwoord van leerling 28 is een voorbeeld van een antwoord dat als redelijk is gewaardeerd. De antwoorden van de leerlingen 32 en 19 zijn voorbeelden van goede antwoorden.

Leerling 28: De kleine dikke man heeft minder last, hij heeft een groter lichaamsgewicht.

Leerling 32: Kleine dikke man heeft minder last, ADI is per milligram per kilogram lichaamsgewicht.

Leerling 19: De kleine dikke man heeft een kleinere kans omdat hij dikker is (meer vet), dus lagere concentratie PER (PER per milligram vet).

7.2.5 Vermogen om kennis toe te passen

De leerlingen hebben naast het beantwoorden van de open vragen bij elke casustoets een brief geschreven. De bedoeling van deze briefopdrachten was dat leerlingen de ver-

Tabel 7.7

Procentuele verdeling van het aantal genoemde argumenten in de brief uit de eerste casustoets (n=36) en uit de derde casustoets (n=33).

Aantal argumenten per brief	casustoets 1	casustoets 3
1	56	6
2	25	27
3	11	36
4	8	31

Tabel 7.8

Procentuele verdeling van de waarderingen voor de argumenten in de brief uit de eerste (n=36) en uit de derde casustoets (n=33).

Waardering	casustoets 1	casustoets 3
goed	50	76
redelijk	21	5
onvoldoende	29	19

worven kennis toepassen. Om veranderingen vast te stellen in het vermogen van leerlingen om kennis toe te passen, zijn de brieven uit de eerste en de derde casustoets met elkaar vergeleken. Hierbij is gekeken naar het aantal argumenten dat leerlingen in de brieven vermelden en naar de kwaliteit van de argumenten.

Uit tabel 7.7 en 7.8 blijkt dat leerlingen in de derde casustoets meer en kwalitatief betere argumenten gebruiken dan in de eerste casustoets.

De inhoud van de antwoorden op de open vragen van een casustoets en de inhoud van de bijbehorende brief komen vrijwel overeen. Soms is de brief vollediger, soms is dat het geval met de antwoorden op de open vragen.

Over het algemeen gebruiken de leerlingen in de brieven meer eigen bewoordingen dan bij het beantwoorden van de open vragen (zie bijlage 6).

7.2.6 Samenvatting

Uit de vergelijking van de resultaten van de derde casustoets met de resultaten van de eerste en tweede casustoets blijkt dat de kennis van de leerlingen over de mogelijke weg van een schadelijke stof door het lichaam is toegenomen en dat leerlingen in staat zijn deze kennis toe te passen in een nieuwe situatie. Deze bevindingen komen overeen met de geschetste verwachting in paragraaf 7.1.

Bij de eerste casustoets, bij aanvang van de lessenserie, zeggen slechts enkele leerlingen iets over transport en afbraak van schadelijke stoffen.

Na enkele lessen (bij de tweede casustoets) is er een toename van het aantal leerlingen dat aangeeft dat stoffen kunnen worden opgenomen in het bloed en vervolgens getran-

sporteerd kunnen worden. Deze leerlingen zien dus bloed als een verbindend element. Ook is er een toename van het aantal leerlingen dat in hun antwoord de lever noemt, echter zonder de functie ervan aan te geven.

Bij de derde casustoets, aan het eind van de lessenserie, vermelden bijna alle leerlingen de opname- en transportfunctie van bloed in hun antwoord en noemen ze tevens de afbraakfunctie van de lever. Slechts enkele leerlingen geven aan dat schadelijke stoffen ook opgeslagen kunnen worden.

In overeenstemming met de verwachting (paragraaf 7.1) zien de meeste leerlingen bij de derde casustoets in dat het effect van een stof afhangt van onder meer het lichaamsgewicht en de frequentie van blootstelling.

Bij de eerste casustoets was een groot aantal leerlingen nog van mening dat eenmalige overschrijding van de ADI zonder meer schadelijk is.

Uit de antwoorden uit de tweede casustoets (de leerlingen hebben dan nog geen onderwijs gehad over extrapolatie van proefdiergegevens) blijkt dat circa de helft van de leerlingen denkt dat stoffen die carcinogeen zijn bij proefdieren ook carcinogeen zijn voor de mens. Een derde van de leerlingen is van mening dat dergelijke stoffen niet kanker-verwekkend zijn voor de mens, maar geeft een onvolledige onderbouwing; bijvoorbeeld door er op te wijzen dat je niet weet met welk proefdier het onderzoek gedaan is.

Bij casustoets 3 is het percentage leerlingen dat een goed antwoord geeft met een juiste onderbouwing gestegen. Er zijn dan nog acht leerlingen die aangeven dat de stof PER bij de mens in meer of mindere mate carcinogeen kan zijn. Verder geven, bij casustoets 3, de meeste leerlingen aan dat eenmalige overschrijding van de ADI van een stof niet schadelijk is.

7.3 Duurzaamheid van de begripsontwikkeling

Een jaar na afloop van de lessen hebben de leerlingen die aan het onderzoek hebben meegewerkt een vierde casustoets als retentie-toets gemaakt (zie ook paragraaf 5.2.1). Deze toets is bedoeld om na te gaan of de kennis die leerlingen tijdens de lessenserie hebben verkregen, zodanig is verankerd dat zij deze na een jaar kunnen gebruiken bij het oplossen van problemen en beantwoorden van vragen. Ik verwacht dat de strekking van de antwoorden uit deze toets overeenkomt met de antwoorden op overeenkomstige vragen uit de derde casustoets, maar dat de antwoorden minder volledig zijn onderbouwd.

In de onderstaande subparagrafen wordt per onderwerp een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van de derde en de vierde casustoets.

7.3.1 Kennis over lichaamsprocessen

Vergelijking van waardering en inhoud

Bij het vergelijken van de waardering van de antwoorden van de derde en vierde casustoets, valt op dat er bij de vierde casustoets een toename is van het aantal leerlingen dat

Tabel 7.9

Procentuele verdeling van de waardering van de antwoorden op de vraag over lichaamsprocessen in de derde en in de vierde casustoets.

Waardering	casustoets 3 (n= 35)	casustoets 4 (n=38)
goed	37	21
redelijk	54	32
onvoldoende	9	47

een onvoldoende antwoord geeft en een afname van het aantal leerlingen dat een redelijk of goed antwoord geeft.

Bij vergelijking van de inhoud van de antwoorden op de vraag over lichaamsprocessen (tabel 7.9) is een aantal verschillen op te merken. Deze worden hieronder in het kort vermeld. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in kennis over: opname van schadelijke stoffen, bloed, nieren, lever en opslag.

Opname

Bij de vierde casustoets noemen bijna alle leerlingen opname via mond, slokdarm en maag in de juiste volgorde. Slechts een enkele leerling maakt een fout in de volgorde van de verschillende delen van het maagdarmkanaal. Eén leerling noemt bijvoorbeeld als volgorde *"slokdarm → lever en noemt de maag niet"*. Opgemerkt moet worden dat bij de derde casustoets de weg van een gas gevraagd werd, zodat vergelijking van de kennis over het maagdarmkanaal tussen de beide casustoetsen niet mogelijk is.

Bloed

Zowel bij de derde als bij de vierde casustoets noemen de meeste leerlingen bloed als transportmiddel. Bij de derde casustoets is het aantal leerlingen dat bloed op meerdere plaatsen in de weg van een stof door het lichaam noemt groter dan bij de vierde casustoets, waar het incidenteel voorkomt.

Nieren

In de vierde casustoets noemen 26 leerlingen de nieren, dit is vaker dan in de derde casustoets. Een deel van deze leerlingen legt in hun antwoord een relatie tussen het uitscheiden van urine en nieren. Twee leerlingen verbinden nieren met afbraak. Andere leerlingen vermelden geen functie van de nieren of verwisselen de functies van de nieren en de lever.

Lever

In de derde en de vierde casustoets noemen 23 leerlingen de lever. In de derde casustoets noemen 18 leerlingen afbraak als functie van de lever. In de vierde casustoets vermelden 23 leerlingen een functie van de lever; 20 leerlingen noemen afbraak, twee leerlingen noemen opslag en één leerling verbindt de lever met uitscheiding van urine.

Opslag

In de derde casustoets zijn er zes leerlingen die een juiste relatie leggen met het begrip

Tabel 7.10

Procentuele verdeling van de waardering van de antwoorden op de vraag over de betekenis van het eenmalig overschrijden van de ADI uit de derde en vierde casustoets.

Waardering	casustoets 3 (n= 35)	casustoets 4 (n=38)
goed	60	50
redelijk	34	11
onvoldoende	6	39

doelwitorganen. In de vierde casustoets zijn er geen leerlingen die iets over opslag zeggen.

7.3.2 Kennis over de ADI

Vergelijking van waarderingen en inhoud

Bij het vergelijken van de waardering van de antwoorden op de vragen naar de schadelijkheid van het eenmalig overschrijden van de ADI uit beide casustoetsen (zie tabel 7.10), valt het op dat er bij de vierde casustoets een toename is van het aantal leerlingen dat een waardering onvoldoende krijgt en een afname van het aantal leerlingen met een waardering redelijk. Het percentage leerlingen dat een goed antwoord geeft blijft ongeveer gelijk.

Bij de derde casustoets zijn twee leerlingen (6%) van mening dat eenmalige overschrijding schadelijk is. Zij onderbouwen hun antwoord niet. In de vierde casustoets is dit aantal toegenomen tot zeven (18 %), van wie er twee geen verdere toelichting geven op hun antwoord. Anderen gebruiken argumenten als: *"Ik neem aan van wel anders was die norm er niet"*, *"Ja, want je krijgt er hoofdpijn van"*.

De overige leerlingen antwoorden zowel in casustoets 3 (94%) als casustoets 4 (82%), dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is. De aard van de argumenten die hierbij worden genoemd, is verschillend. Er wordt onderscheid gemaakt in argumenten die als goed, redelijk of onvoldoende zijn gewaardeerd.

- *Goed:*

Bij de derde casustoets onderbouwen 18 leerlingen hun antwoord met de volgende twee argumenten: in de ADI is een veiligheidsfactor ingebouwd en het is pas schadelijk als je de ADI regelmatig overschrijdt. Bij de vierde casustoets noemen drie leerlingen deze beide argumenten, terwijl 16 leerlingen maar één van deze twee argumenten noemen, van wie vier de veiligheidsfactor en twaalf leerlingen de frequentie van blootstelling. Bij de derde casustoets noemen elf leerlingen alleen de veiligheidsfactor en vermelden drie leerlingen alleen iets over de frequentie van blootstelling.

- *Redelijk:*

Zowel bij de derde als de vierde casustoets zijn argumenten gebruikt die te maken hebben met de frequentie van blootstelling, maar waarbij de redenering niet volledig juist is. Bijvoorbeeld: *"Als het op 1 dag gebeurt en daarna 2 weken niet is het niet zo schadelijk, hij moet proberen in de periode na 3 weken zo min mogelijk binnen te krijgen"*.

- *Onvoldoende:*

De argumenten die als onjuist zijn gewaardeerd, hebben betrekking op de hoeveelheid die ingenomen wordt of hebben betrekking op afbraak, bijvoorbeeld: *"Niet schadelijk, uitscheiding via de lever en de nieren"*.

"Je moet veel drinken voordat het schadelijk is".

Daarnaast is er nog een aantal andere argumenten gebruikt, zoals *"Niet schadelijk, alleen als hij gaat drinken"*.

7.3.3 Kennis over extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens

Vergelijking van waarderingen en inhoud

De kern van de juiste antwoorden op de vragen over de extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens is, dat het gegeven dat sulfiet carcinogeen is voor ratten niet automatisch betekent dat sulfiet carcinogeen is voor de mens. Mensen kunnen anders reageren op blootstelling aan sulfiet dan ratten.

Bij de derde casustoets zijn geen antwoorden gegeven die als redelijk zijn gewaardeerd. Bij de vierde casustoets hebben de antwoorden die als redelijk zijn gewaardeerd in de meeste gevallen iets te maken met de gewichts-verhouding tussen rat en mens. De leerlingen die dergelijke antwoorden geven gaan er vanuit dat sulfiet carcinogeen is bij de mens als die er maar genoeg van inneemt en betrekken mogelijke verschillen in lichamelijke reactie niet in hun antwoord.

In zowel de derde als de vierde casustoets zijn er zes leerlingen die aangeven dat een stof die carcinogeen is bij de rat omgerekend naar het lichaamsgewicht van de mens ook carcinogeen is voor de mens. De onderbouwing van de antwoorden varieert per leerling. Sommige leerlingen verwijzen bijvoorbeeld naar de overeenkomst tussen rat en mens, *"beiden zijn organismen"*⁴. Daarnaast zijn er enkele leerlingen die antwoorden geven die erg vaag zijn, zoals *"het hoeft niet"*.

7.3.4 Vermogen om kennis toe te passen

Om na te gaan of er verschillen zijn in het vermogen om kennis toe te passen, zijn de brieven uit de derde en de vierde casustoets onderling vergeleken. Hierbij is gekeken naar het aantal argumenten dat leerlingen in de brieven vermelden en naar de waardering die aan de argumenten is gegeven.

Uit tabel 7.11 blijkt dat het aantal leerlingen dat vier argumenten noemt in de vierde casustoets duidelijk is afgenomen en dat het aantal leerlingen dat drie argumenten noemt is toegenomen. Uit de vergelijking van de waarderingen van de argumenten uit de derde en vierde casustoets (tabel 7.12) blijkt de kwaliteit van de argumenten bij de vierde casustoets iets afgenomen te zijn. Bij de vierde casustoets worden in verhouding met de derde casustoets minder argumenten met de waardering goed gegeven en meer argumenten met de waardering redelijk.

⁴ Van deze vraag is geen overzicht gegeven van waarden, omdat bij casustoets 3 deze vraag opgenomen was bij de opdracht om een brief te schrijven, terwijl het bij casustoets 4 een afzonderlijke vraag was.

Tabel 7.11

Procentuele verdeling van het aantal genoemde argumenten in de brief in de derde casustoets (n=33) en de vierde casustoets (n= 38).

Aantal argumenten per brief	casustoets 3	casustoets 4
1 argument	6	3
2 argumenten	27	26
3 argumenten	36	68
4 argumenten	31	3

Tabel 7.12

Procentuele verdeling van de waarderingen van de argumenten in de brief in de eerste en in de derde casustoets.

Waardering	casustoets 3	casustoets 4
goed	76	40
redelijk	5	44
onvoldoende	19	16

Bij de vierde casustoets komen, evenals bij de eerste en derde casustoets, de inhoud van de brief en de antwoorden op de open vragen in grote lijnen overeen.

7.3.5 Samenvatting

De meeste leerlingen geven bij het maken van de vierde casustoets een samenhang tussen de verschillende lichaamsprocessen aan en kennen globaal de betekenis van algemeen-toxicologische principes. Echter, in vergelijking met de antwoorden op de overeenkomstige vragen uit de derde casustoets is de kwaliteit van de antwoorden minder. Bij de derde casustoets zijn er in verhouding meer leerlingen die een redelijk antwoord geven en bij de vierde casustoets is het aantal leerlingen dat een onjuist antwoord geeft groter.

Met betrekking tot lichaamsprocessen noemen verschillende leerlingen in de vierde casustoets bloed slechts één keer als transportmiddel bij het beschrijven van de weg van een stof door het lichaam, terwijl bij de derde casustoets een groter aantal leerlingen bloed op meerdere plaatsen noemt. Ook zijn er bij de derde casustoets meer leerlingen die de functie van de nieren noemen. In de vierde casustoets worden de nieren wel genoemd, maar zonder de vermelding van de juiste functie.

Over veranderingen in kennis over de toxicologische begrippen kan opgemerkt worden dat de meeste leerlingen in wezen wel een juiste betekenis geven aan de begrippen extrapolatie en ADI, maar dat de onderbouwing van de antwoorden bij de vierde casustoets minder volledig is dan bij de derde casustoets. Bijvoorbeeld bij de vierde casustoets zijn er in vergelijking met de derde casustoets slechts enkele leerlingen die iets over de veiligheidsfactor zeggen bij hun toelichting op het gevaar van overschrijding van de ADI.

De kwaliteit en de kwantiteit van de argumenten die in de brieven worden gebruikt, zijn bij de derde casustoets iets hoger dan bij de vierde casustoets.

De gevonden resultaten komen overeen met de geschatte verwachtingen aan het begin van deze paragraaf.

7.4 Overzicht van begripsontwikkeling bij individuele leerlingen

Van alle leerlingen is per casustoets een gemiddelde eindscore berekend door de som van de waarden die aan de verschillende antwoorden zijn toegekend, te delen door het aantal vragen.

In totaal zijn van 28 leerlingen de gemiddelde eindscores berekend van zowel de eerste, de derde als de vierde casustoets ⁵ (zie bijlage 7). De gemiddelde eindscores van deze 28 leerlingen zijn weergegeven in de figuren 7.1 en 7.2. In verband met de leesbaarheid zijn de eindscores van de leerlingen met nummer 1 - 21 opgenomen in figuur 7.1 (n=13) en die van de leerlingen met nummer 22 - 40 in figuur 7.2 (n=15).

Uit de figuren 7.1 en 7.2 is af te lezen dat voor bijna alle leerlingen geldt dat de derde en de vierde casustoets beter gemaakt zijn dan de eerste casustoets en dat de vierde casustoets iets minder goed gemaakt is dan de derde casustoets.

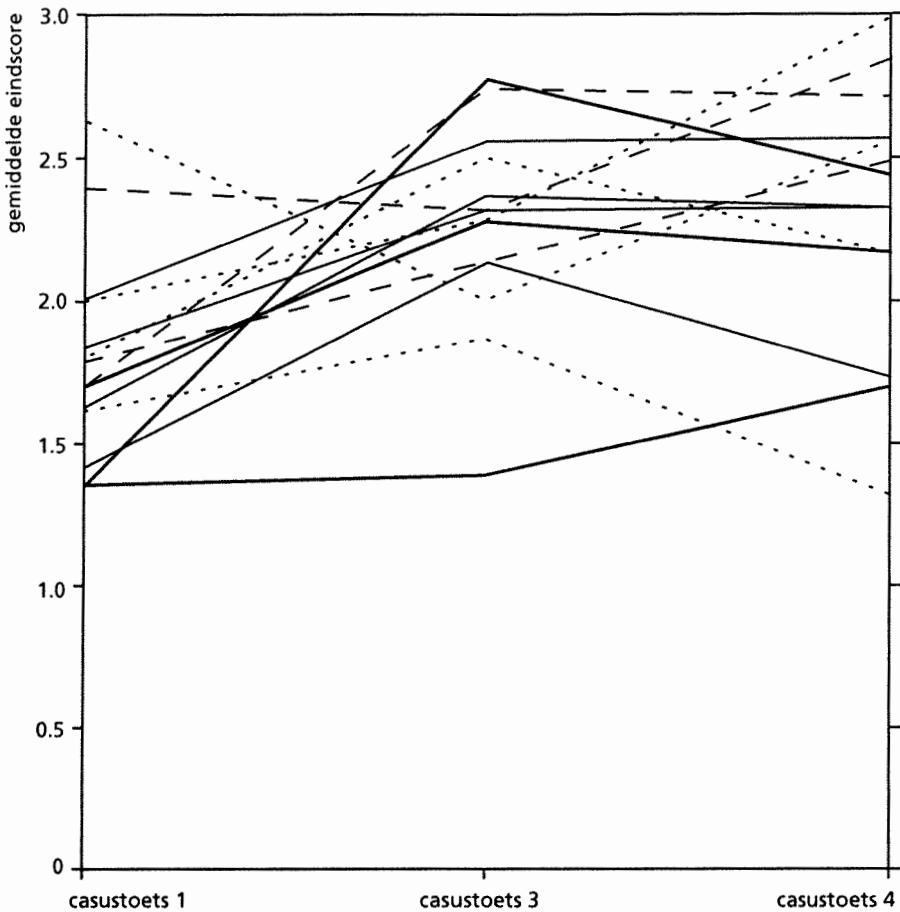
7.4.1 Patronen van begripsontwikkeling

Bij het vergelijken van de gemiddelde eindscores van de eerste, derde en vierde casustoets zijn 4 typen leerlingen te onderscheiden:

- Leerlingen die vooruitgaan tussen casustoets 1 en 3 en waarbij de gemiddelde eindscore van casustoets 4 hoger is dan die van casustoets 1. Hieronder vallen twee typen leerlingen:
 - Leerlingen tussen casustoets 3 en 4 iets vooruitgaan (n=6).
 - Leerlingen die tussen casustoets 3 en 4 ongeveer gelijk blijven (n=16).
- Leerlingen die tussen de eerste en de derde casustoets vooruitgaan en sterk achteruitgaan tussen de derde en de vierde casustoets, waarbij de gemiddelde eindscore van de vierde casustoets lager is dan die van de eerste casustoets (n=3).
- Leerlingen die tussen de eerste en de derde casustoets achteruitgaan en vooruitgaan tussen de derde en de vierde casustoets (n=1).
- Leerlingen die achteruitgaan tussen casustoets 1 en 3 en tussen casustoets 3 en 4 achteruitgaan of gelijk blijven (n=2).

Uitgaande van deze indeling in vier typen leerlingen zijn de antwoorden van een aantal leerlingen nader bekeken om een indruk te krijgen van de individuele begripsontwikkelingen.

⁵ De resultaten van casustoets 2 zijn niet meegenomen omdat een relatief groot aantal leerlingen deze toets niet of onvolledig heeft beantwoord.



figuur 7.1

Individuele begripsontwikkeling (n=14) afgemeten aan de gemiddelde eindscores van de casustoetsen 1, 3 en 4.

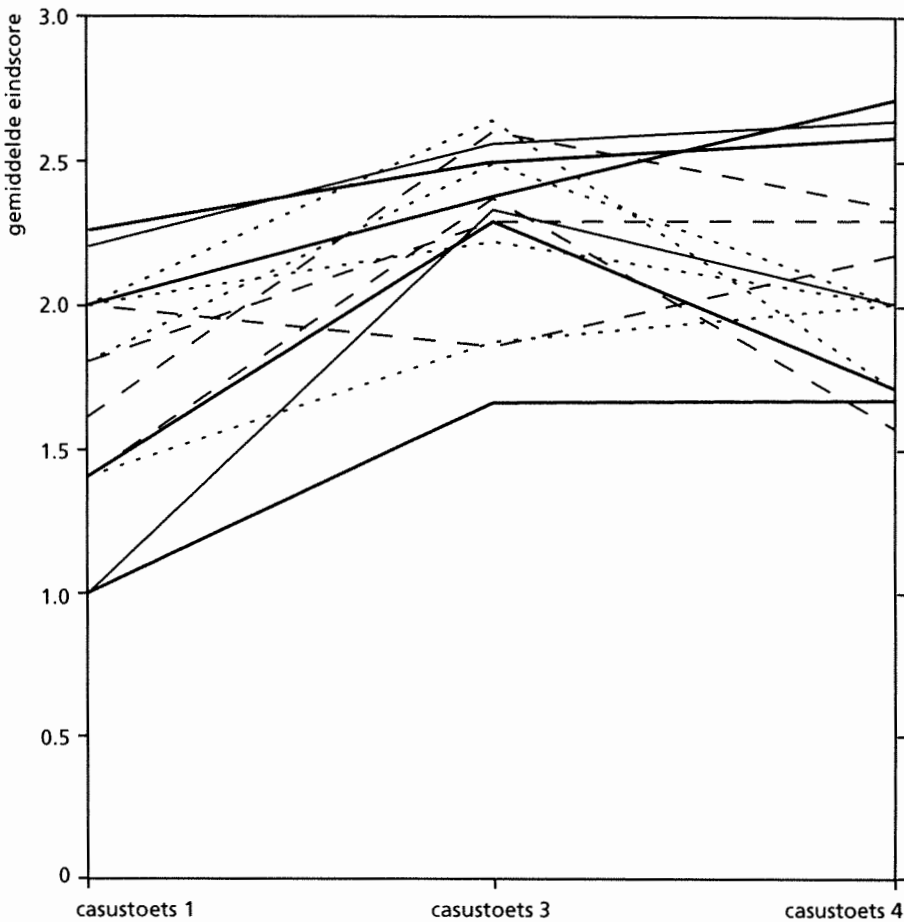
Omdat het niet zinvol is om alle antwoorden van deze leerlingen te geven, is ervoor gekozen om enkele voorbeelden⁶ op te nemen en vervolgens een samenvatting te geven van de belangrijkste punten van de individuele begripsontwikkeling⁷.

Voorbeeld 1: leerling die vooruitgang vertoont tussen casustoets 1 en 3 en tussen casustoets 3 en 4 gelijk blijft.

Leerling 5 beschikt bij de eerste casustoets over juiste voorkennis, hij noemt hierbij al opname in het bloed en heeft een notie van de functie van de nieren. Zijn kennis over

⁶ Bij het weergeven van de antwoorden zijn de resultaten van casustoets 2, indien een leerling deze heeft gemaakt, ook verwerkt.

⁷ De antwoorden die in de vorige paragrafen als voorbeeld beschreven staan, zijn ook afkomstig van deze individuele leerlingen.



figuur 7.2

Individuele begripsontwikkeling (n= 14) afgemeten aan de gemiddelde eindscores van de casustoetsen 1, 3 en 4.

lichaamsprocessen is uitgebreid, want bij de vierde casustoets betreft hij zowel de nieren als de lever in zijn antwoord en geeft hij van beide organen de functies aan. Ook heeft hij bij de eerste casustoets al het besef dat er een relatie is tussen de frequentie van overschrijding en de kans op schadelijke effecten. Bij de derde casustoets geeft hij een genuanceerde onderbouwing door te wijzen op de frequentie en de veiligheidsfactor. Bij de vierde casustoets noemt hij alleen maar het eerste argument. Ten aanzien van extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens geeft hij bij de eerste casustoets aan dat dit mogelijk is. Bij de derde casustoets vermeldt hij dat verder onderzoek nodig is. Bij de vierde casustoets geeft hij een minder expliciet antwoord: hij denkt dat het allemaal wel mee valt, hoewel er een kans bestaat dat een dergelijke stof voor de mens schadelijk is.

Voorbeeld 2: leerling die vooruitgang vertoont tussen casustoets 1 en 3 en tussen casustoets 3 en 4 een beetje achteruitgaat.

Leerling 36 antwoordt in de eerste casustoets over lichaamsprocessen: "*via maag naar urine*". Zij heeft kennelijk weinig kennis over lichaamsprocessen. Bij de tweede casustoets noemt zij opname in het bloed en bij de derde casustoets verwerkt ze ook de lever en afbraak in haar antwoord. In de vierde casustoets vermeldt ze bloed en nieren en hun functies, zonder iets over de lever te zeggen. Bij de eerste casustoets denkt zij dat een stof schadelijk is, omdat er een ADI van bestaat. Bij de tweede casustoets vermeldt zij echter dat overschrijding niet altijd schadelijk is, omdat er in de ADI een veiligheidsfactor is ingebouwd. Dit zelfde argument gebruikt zij bij het beantwoorden van de ADI-vraag van de derde casustoets, terwijl zij in de brief van de derde casustoets ook een opmerking maakt over de frequentie van blootstelling. Bij de vierde casustoets noemt zij beide argumenten. Ten aanzien van extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens is de strekking van de antwoorden bij zowel de tweede, de derde als de vierde casustoets het zelfde: een stof die schadelijk is voor proefdieren is ook schadelijk voor de mens, indien verhoudingsgewijs dezelfde hoeveelheid is toegediend.

Voorbeeld 3: leerling die achteruit gaat tussen de eerste en de derde casustoets en vooruit gaat tussen de derde en de vierde casustoets.

Leerling nummer 9 noemt bij de eerste casustoets al opname van stoffen in het bloed en uitscheiding van stoffen via de nieren. Bij de derde casustoets vermeldt hij daarnaast ook nog de lever, maar hij noemt niet het bloed als transportmiddel tussen lever en nieren. Bij de vierde casustoets noemt hij de lever niet.

Bij de eerste casustoets heeft hij al het idee dat een enkele keer overschrijding van de ADI niet erg is; als onderbouwing geeft hij aan dat het lichaam de kans moet krijgen de stoffen uit te scheiden. Bij de derde en vierde casustoets gebruikt hij het begrip veiligheidsfactor in zijn argumentatie.

Ten aanzien van extrapolatie van proefdiergegevens geeft hij bij de eerste casustoets aan dat verder onderzoek nodig is. Bij de tweede casustoets vermeldt hij dat mens en rat een eender gestel hebben en dat extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens mogelijk is. Bij de derde casustoets vermeldt hij dat stoffen die voor proefdieren schadelijk zijn voor mensen mogelijk een beetje schadelijk zijn, terwijl hij bij de vierde casustoets wijst op verschillen in grootte, lichaamsgestel tussen mens en rat en daarbij aangeeft dat nader onderzoek nodig is.

7.4.2 Samenvatting

Op twee na hebben alle leerlingen die individueel zijn gevolgd, onder invloed van de lessenserie een beter beeld gekregen van de manier waarop het lichaam reageert op blootstelling aan schadelijke stoffen en meer inzicht verkregen in de samenhang tussen de verschillende lichaamsprocessen. Toch hebben sommige leerlingen na afloop van de lessenserie nog steeds een onvolledig beeld van de functies van de afzonderlijke lichaamsprocessen. De meeste leerlingen hebben bij de derde en vierde casustoets een correct beeld van de transportrol van bloed. Een aantal leerlingen geeft echter aan dat

stoffen via het maagdarmkanaal eerst naar de lever gaan en vervolgens in het bloed terecht komen.

Bij het beschrijven van de opnameweg van een gas stoppen de meeste leerlingen na opname via de longen in het bloed en noemen geen lever en/of nieren, terwijl ze wel de lever en/of nieren noemen bij het beschrijven van opname via het maagdarmkanaal. Leerlingen die bij de eerste casustoets al intuïtief aangeven dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is, zijn bij de derde en vierde casustoets vaak in staat hun opvatting met zinvolle argumenten te onderbouwen. Leerlingen die bij de eerste en tweede casustoets antwoorden dat eenmalige overschrijding van de ADI schadelijk is, wijzigen hun opvatting maar geven geen correcte argumentatie bij de derde en vierde casustoets. De meeste leerlingen gaan genuanceerder nadenken over de betekenis van proefdiergegevens voor de mens. Sommige leerlingen geven wel aan dat stoffen die carcinogeen zijn bij proefdieren niet automatisch carcinogeen hoeven te zijn bij de mens, maar voegen daar zekerheidshalve nog aan dat je toch maar op moet passen met dergelijke stoffen.

De inhoud van de brief die de leerlingen aan het eind van elke casustoets maken, komt veelal in grote lijnen overeen met de antwoorden op de voorafgaande vragen van een betreffende casustoets.

7.5. Discussie en conclusies

In overeenstemming met de verwachtingen zoals die aan het begin van dit hoofdstuk vermeld staan, is de kennis van leerlingen verbeterd. *Bijna alle leerlingen beschikken na afloop van de lessenserie over meer geïntegreerde kennis over lichaamsprocessen en over kennis van algemeen-toxicologische principes en kunnen deze kennis toepassen binnen een nieuwe context.*

Vrijwel alle leerlingen vertonen in vergelijking met de eerste casustoets een toename van kennis bij het beantwoorden van de vragen van de tweede en derde casustoets. Tussen de eerste en tweede casustoets is er met name een toename te zien in kennis over lichaamsprocessen. Dit is niet verwonderlijk, omdat de lessen die tussen het afnemen van de eerste en de tweede casustoets zijn gegeven, voornamelijk daarop betrekking hadden. In de lessen tussen de tweede en de derde casustoets is in hoofdzaak aandacht besteed aan dosis-effect relaties, ADI en het tot stand komen van normen, maar er is ook een terugkoppeling gemaakt naar lichaamsprocessen.

Bij de derde casustoets zijn de antwoorden op de vragen over ADI, dosis-effect relaties en extrapolatie van proefdiergegevens gebaseerd op toxicologische kennis, terwijl leerlingen in de antwoorden op vragen uit de eerste en tweede casustoets meer intuïtieve noties gebruiken. *Dit wijst er op dat het merendeel van de leerlingen de aangeboden kennis op een zinvolle manier heeft verworven en verwerkt.*

De inhoud van de brieven komt veelal overeen met de antwoorden op de voorafgaande vragen van een betreffende casus. De verwoording in de brieven verschilt bij de meeste leerlingen van die van de antwoorden op de voorafgaande open vragen. Het merendeel van de leerlingen is bij de derde casustoets in staat om in eigen woorden een brief te

schrijven met meerdere, kwalitatief goede argumenten. *Hieruit blijkt dat deze leerlingen de aangeboden kennis kunnen toepassen.* In de retentie-toets geven de leerlingen weliswaar kwalitatief iets minder goede antwoorden, maar in essentie zijn deze meestal overeenkomstig de antwoorden uit de derde en vierde casustoets.

Een aantal leerlingen vond de briefopdrachten één van de leukste onderdelen van de lessenserie; deze leerlingen hebben waarschijnlijk extra hun best gedaan om een zo goed mogelijke brief te schrijven.

Evenals de resultaten van de conceptmaps *wijzen de casustoetsresultaten op een relatie tussen voorkennis van een leerling en de mate waarin de kennis van de leerling vooruit is gegaan.* Leerlingen die bij aanvang van de lessenserie al een notie hebben van de functie van het bloed als transportmiddel en van de functie van de lever, geven bij de derde casustoets een volledigere beschrijving van het samenspel van lichaamsprocessen dan leerlingen die bij aanvang van de lessenserie slechts enkele begrippen als urine en maag kunnen noemen.

Ondanks de verschillen in voorkennis, noemt het merendeel van de leerlingen bij de derde en vierde casustoets de transportrol van het bloed. Een klein aantal leerlingen geeft aan dat stoffen via het maagdarmkanaal eerst naar de lever gaan, voordat ze in het bloed terechtkomen. Mogelijk wordt dit verkeerde beeld opgeroepen door de beknopte uitleg die er tijdens een van de lessen is gegeven over de poortader. Het kan zijn dat deze leerlingen de poortader als een bijzonder stuk van de darm beschouwen en zich niet realiseren dat de poortader deel uitmaakt van het bloedvatstelsel. Er zijn namelijk leerlingen die bij het beschrijven van de weg van een stof door het lichaam een duidelijk onderscheid maken tussen poortader en bloed(somloop).

Bij het beschrijven van de opnameweg van een gas in het lichaam stoppen de meeste leerlingen na opname van het gas vanuit de longen in het bloed. Zij noemen bij deze weg geen lever en/of nieren, terwijl ze wel de lever en/of nieren noemen bij het beschrijven van de opname van vaste stoffen via het maagdarmkanaal. Sommige leerlingen noemen bij de derde casustoets alleen de nieren en bij de vierde casustoets alleen de lever. Dit verschil kan veroorzaakt worden doordat het in de casustoetsen telkens om een andere stof gaat. In de derde casustoets staat in de tekst dat PER moeilijk door de lever kan worden afgebroken, dus is het niet verwonderlijk dat leerlingen de lever niet noemen bij de beschrijving van de weg van PER door het lichaam. De vierde casustoets gaat over sulfiet in wijn. Mogelijk hebben leerlingen sulfiet geassocieerd met alcohol dat ook door de lever wordt afgebroken.

De relatie tussen voorkennis en leerwinst is ook van toepassing op het begrijpen van de ADI en de betekenis die gegeven wordt aan extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens. Ten aanzien van het begrip extrapolatie van proefdiergegevens moet opgemerkt worden dat een aantal leerlingen aangeeft dat stoffen die carcinogeen zijn bij proefdieren niet automatisch carcinogeen zijn bij de mens, maar daar voor alle zekerheid nog aan toevoegt dat je toch maar op moet passen. Andere leerlingen beschouwen de termen carcinogeen en schadelijk als synoniemen, terwijl er ook leerlingen zijn die het begrip schadelijk gebruiken in de betekenis van minder ernstig dan carcinogeen.

Bij een aantal leerlingen neemt de kwaliteit van de antwoorden op vergelijkbare vragen tussen de derde en vierde casustoets af. In de meeste gevallen is het standpunt dat een leerling inneemt het zelfde: als hij bijvoorbeeld bij de derde casustoets van mening is dat overschrijding van de ADI niet schadelijk is, vermeldt hij dit ook bij de vierde casustoets. Echter de onderbouwing van deze standpunten is bij de vierde casustoets kwalitatief minder dan bij de derde casustoets. Deze kwalitatieve afname van kennis kan verschillende oorzaken hebben. Het kan zijn dat een leerling de begrippen uit de lessenserie niet goed ingebouwd heeft in zijn cognitieve structuur en dus de verworven kennis niet heeft verwerkt. Een andere mogelijkheid is dat een leerling in eerste instantie de betekenis van een begrip uitbreidt en/of verandert, maar dat hij zich na verloop van tijd slechts een aantal van de nieuw gelegde relaties kan herinneren. Mogelijk is dit het proces dat door Ausubel omschreven wordt als 'obliterative subsumption' (Ausubel, 1968).

De aard van de kennistoename die uit de resultaten van de casustoetsanalyse blijkt, kan getypeerd worden als een vorm van assimilatie. Dat wil zeggen dat begrippen niet radicaal van betekenis veranderen, maar dat hun betekenis ten dele wordt herzien en/of uitgebreid (Ausubel, 1968; Novak, 1977; Novak, 1993; Shuell, 1985).

Wat betreft lichaamsprocessen is er voornamelijk sprake van modificatie van de bestaande kennis: het accent ligt niet op het aanbrengen van nieuwe begrippen, maar op het vergroten van de betekenis van aanwezige begrippen in de cognitieve structuur¹{Uit de resultaten van de conceptmapanalyse blijkt eveneens een relatief geringe toename van het aantal begrippen en een relatief grote verbetering in beschrijving van de relaties tussen de begrippen.} en het integreren van deze begrippen. Hierbij worden relaties die gebaseerd zijn op intuïtieve noties uitgebreid tot relaties die gebaseerd zijn op wetenschappelijk juiste kennis.

Wat de algemeen-toxicologische principes betreft worden wel nieuwe termen geleerd, zoals veiligheidsfactor, maar om deze begrippen betekenis te laten krijgen kan volstaan worden met leggen van relaties met en tussen reeds aanwezige begrippen en hoeven geen aanvullende begrippen geïntroduceerd en uitgelegd te worden. Wanneer leerlingen nieuwe begrippen in relatie brengen met relevante begrippen uit reeds aanwezige kennis, dan is het niet alleen van belang dat leerlingen de juiste begrippen op een relevante manier koppelen en de implicaties van deze nieuwe verbanden zien, maar *is het ook een vereiste dat leerlingen de nieuwe inzichten kunnen accepteren.* Een voorbeeld van het belang van acceptatie is te zien bij de antwoorden op de vraag of stoffen die carcinogeen zijn bij de proefdieren ook carcinogeen zijn voor de mens. Een aantal leerlingen geeft bij de open vragen van de derde casustoets het antwoord dat dergelijke stoffen niet automatisch carcinogeen zijn voor de mens, omdat mens en dier anders kunnen reageren op bepaalde stoffen wat nader onderzocht moet worden.

In de briefopdracht van dezelfde casustoets geven zij een overeenkomstig antwoord, maar voegen er aan toe dat een dergelijke stof toch wel slecht is en dat je er mee op moet passen. Deze leerlingen hebben de begrippen proefdieren, extrapolatie en voorwaarden voor extrapolatie wel op een rijtje, maar ze hebben gevoelsmatig kennelijk nog moeite om in hun eigen redenering te geloven.

Hoofdstuk 8

Evaluatie van het curriculum

Uit de resultaten die in de hoofdstukken zes en zeven zijn gerapporteerd, blijkt dat leerlingen bij de natoets meer kennis hebben over het samenspel van lichaamsprocessen en van de algemeen-toxicologische principes dan bij de voortoets voorafgaand aan de lessenserie.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de rol van het lesmateriaal bij deze verandering. In paragraaf 8.1 wordt nagegaan in hoeverre de opzet van het geschreven curriculum (zie hoofdstuk 4) terug te zien is in het uitgevoerde curriculum. Vervolgens wordt in paragraaf 8.2 beschreven hoe de leerlingen het curriculum hebben ervaren. In paragraaf 8.3 wordt aangetoond dat de lessenserie tot zinvol-leren heeft geleid. In paragraaf 8.4 worden tot slot de voorgaande paragrafen bediscussieerd en worden conclusies getrokken.

8.1 Het uitgevoerde curriculum

Zoals in hoofdstuk drie staat beschreven, wordt er in het geschreven curriculum van uitgegaan dat het begripsontwikkelingsproces gericht op zinvol-leren verloopt in vier fasen, die leerlingen aan de hand van verschillende contexten gemotiveerd doorlopen. In de eerste fase moeten leerlingen zich bewust worden van hun voorkennis. Vervolgens moeten leerlingen nieuwe begrippen verwerven en deze verwerken in hun cognitieve structuur. Tot slot moeten leerlingen deze kennis kunnen toepassen in nieuwe si-

tuaties. De motivatie voor het doorlopen van deze fasen wordt verhoogd door het gebruik van contexten.

8.1.1 Functionaliteit van de opdrachten

In het geschreven curriculum zijn verschillende leeractiviteiten opgenomen die corresponderen met de fasen van het begripsontwikkelingsmodel. Om na te gaan of de opzet van deze opdrachten is geslaagd, is aan de hand van audio- en video-opnames vastgesteld hoe leerlingen met het lesmateriaal hebben gewerkt.

Op de volgende pagina's worden voor elke fase voorbeelden van leerlingactiviteiten gegeven. De leerlingen hebben hierbij veel in groepen gewerkt, een manier van werken die voor hen binnen de biologielessen nieuw was.

• Activeren van voorkennis

In het lesmateriaal zijn verschillende opdrachten opgenomen om voorkennis van leerlingen te activeren. Uit de protocollen blijkt dat de meeste leerlingen deze opdrachten serieus hebben gemaakt. Bij een aantal groepjes was bijsturing door de docent nodig, omdat leerlingen de bedoeling van de opdracht uit het oog verloren en bleven praten over eigen ervaringen, opgeroepen door een bepaald onderdeel van de opdracht.

Als voorbeeld van hoe leerlingen omgaan met een opdracht die gericht is op het activeren van relevante voorkennis, is een protocol opgenomen van een groepje leerlingen dat werkt aan een vraagstuk waarin verschillende voedingsmiddelen vergeleken moeten worden voor wat betreft hun schadelijke effecten op de gezondheid.

In het onderstaande fragment vergelijkt een groepje van drie leerlingen (M1, M2 en M3) de gezondheidsrisico's van engelse drop met die van dubbelzoute drop.

- 1 M1 Ik weet echt niet wat gezonder is, zoute of engelse drop.
 - 2 M3 Ik denk zoute, want in de engelse drop zit heel veel kleurstoffen, toch?
 - 3 M2 Ja dat wel, maar 't is wel dubbelzout.
 - 4 M1 Zout spoel je allemaal weg als je veel drinkt.
 - 5 M2 Nou echt te veel zout is ook niet goed.
 - 6 M3 Hier *[wijst op illustratie uit lesmateriaal]*: Teveel zout in Rijn: inname drinkwater wordt gestaakt.
 - 7 M1 Ja maar het gaat nu niet om drinkwater.
 - 8 M2 Je moet gewoon niet regelmatig te veel dubbelzoute of engelse drop eten.
- [Gesprek gaat verder over vergelijking van de volgende twee voedingsmiddelen uit de opdracht.]*

Uit dit fragment blijkt dat leerlingen het idee hebben dat kleurstoffen schadelijke stoffen zijn. Daarnaast zijn ze zich ook bewust van het risico van het eten van te veel zout. De oplossing die M2 aandraagt om risico's te voorkomen kan gelezen worden als: er is een verhoogd risico wanneer er sprake is van regelmatige blootstelling aan een grote dosis van een bepaalde stof.

• Verwerven van kennis

Kennisverwerving kan op twee manieren plaatsvinden. Ten eerste door betekenis te geven aan nieuw geïntroduceerde begrippen, bijvoorbeeld het begrip extrapolatie van

proefdiergegevens. Ten tweede door het leggen van nieuwe relaties tussen reeds bekende begrippen zoals: lichaamsgewicht, schadelijkheid en hoeveelheid. Een voorbeeld van deze tweede vorm van kennisverwerving betreft de weg van een stof door het lichaam aan de hand van een opdracht over voedselvergiftiging, waarbij leerlingen relaties moeten leggen tussen bloed, lever, darmen en afbraak.

In het onderstaande fragment bespreken drie leerlingen M1, M2 en M3, geholpen door de docent (DC), de weg van arsenicum door het lichaam naar aanleiding van een fragment uit een verhaal van Agatha Christie waarin iemand vergiftigd blijkt te zijn met arsenicum. De bedoeling van deze opdracht is dat leerlingen de rol van bloed als transportmiddel ontdekken en een beeld krijgen van de weg van een stof door het lichaam.

- 1 M1 Het gaat gewoon door je darm, slokdarm, maag, lever.
- 2 M3 Maar gaat het niet door je darmen heen?
- 3 M1 Ik denk dat als je voedselvergiftiging hebt, heb je overal een beetje.
- 4 M3 Blinde darmen?
- 5 M2 Nee.
- 6 M3 Hoe weet jij dat nu?
- 7 M2 Dan ben je meteen dood.... (*Heeft sterke verhalen over zogenaamde moordzaken*)
[*Docent komt bij het groepje*]
- 8 DC Die transportweg van arsenicum.
- 9 M1 Ja.
- 10 M2 Dat vinden wij heel apart. Gaat van mond naar slokdarm.
- 11 DC Ja en dan?
- 12 M2 ..als je voedselvergiftiging hebt.
- 13 M1 Het gaat toch van je maag naar je lever toe?
- 14 M2 ...of gaat het naar je lever.
- 15 DC Maar wat weet je van dat arsenicum? Dat kun je jaren later nog aantonen bij een lijk.
- 16 M1 Ja?
- 17 DC In de haren.
- 18 M2 Maar dan moet het toch via de lever naar het bloed gaan?
- 19 M3 Het ging via de darmen?
- 20 DC Via de lever naar het bloed. Hoe komt het naar de lever?
- 21 M123 Via de maag.
- 22 DC Zit er een directe verbinding tussen de maag en de lever?
- 23 M1 Ja?
- 24 M3 't Komt via het bloed in de lever. Dus via de darmen gaat het naar het bloed en via het bloed naar de lever.
- 25 DC Juist.
- 26 M1 He wat, hoe komt het dan in je lever... als bloed?
de hand van een tekening uit het lesmateriaal beschrijft de docent hoe een stof via het maagdarmstelsel en de poortader in de lever komt.]
- 27 M1 Hallo, hoe komt het dan in je darmen, hoe wil je dat in een darm krijgen.
- 28 M2 Via de maag.
- 29 M1 Maar daar kan het toch niet zomaar doorheen.
[Discussie gaat door, uiteindelijk hebben alle meisjes een beeld van hoe arsenicum via bloed de lever bereikt, dat het daar niet wordt afgebroken; weer in het bloed komt en vervolgens naar de haren en botten getransporteerd kan worden, waar het wordt opgeslagen.]

Uit het bovenstaande fragment blijkt dat leerlingen voor een deel al kennis hebben over de weg van een stof (in dit geval arsenicum) door het lichaam, maar dat met name leerling M1 een onvolledig beeld heeft en niet weet hoe stoffen in het bloed en in de lever kunnen komen. Door te overleggen met medeleerlingen en met de docent legt zij nieuwe relaties tussen al bekende begrippen.

• *Verwerken van kennis*

In het lesmateriaal zijn opdrachten opgenomen waarmee leerlingen verworven kennis moeten integreren in hun cognitieve structuur. Als voorbeeld van een verwerkingsopdracht is een opdracht gekozen waarbij leerlingen moeten nadenken over een proefdieronderzoek om een nieuwe kleurstof uit te testen. In het onderstaande fragment bespreken de leerlingen J1, J2, J3 en M1 op welke manier men kan onderzoeken of proefdieren de kleurstof kunnen afbreken. Het doel van deze opdracht was om na te gaan of en in hoeverre leerlingen de verworven kennis over de verschillende processen: uitscheiding, opslag en afbraak aan elkaar kunnen relateren.

Voorafgaand aan het maken van de opdracht heeft de docent benadrukt dat het gaat om 'eenvoudig' onderzoek, zonder dat er operaties moeten worden uitgevoerd.

- 1 M1 Je moet gewoon in de ontlasting kijken of het daar in zit.
- 2 J1 Maar het kan toch in de huid worden opgeslagen.
- 3 J3 Maar dan neem je het op dan ben je het niet kwijt.
- 4 J2 Maar als ze het afbreken dan kan het nog wel uitgescheiden worden.
- 5 J1 Als het wordt afgebroken dan is het goed, dan kun je het uitscheiden en dan ben je het kwijt.
- 6 J1 Ja maar dan moet je gewoon (.....).
- 7 J3 (.....) in ontlasting kijken.
- 8 J1 Als er niets in zit dan is het dus weg want dan wordt het opgenomen door de huid.
- 9 J2 Dan is het niet afgebroken maar dan hoeft het nog niet slecht te zijn.
- 10 J1 Wanneer eh dan gaat het dus naar het vet.
- 11 J3 Wanneer is het niet afgebroken?
- 12 J2 Als het niet in je ontlasting zit natuurlijk.
- 13 J3 Hoef niet, het kan ook worden afgebroken en dat je het niet nodig hebt.
- 14 J2 Dan komt het in de ontlasting terecht.
- 15 J3 Ja.
- 16 J2 Nou dat zeg ik.
(.....)
- 17 M1 Misschien moet je ook bloed afnemen om te kijken of het in bloed zit.
- 18 J2 Ja maar het kan ook in de plas zitten natuurlijk.
- 19 M1 Dat is toch ook ontlasting.
- 20 J2 Maar dan hoeft het niet afgebroken te zijn.
- 21 M1 Ja dat is wel zo, maar ik denk ook wel dat ze een bloedprik nemen.
- 22 J3 Ja een bloedmonster.
[Leerlingen schrijven als antwoord bloedonderzoek en onderzoek van de ontlasting en gaan verder met de volgende vraag].

Uit het voorgaande fragment blijkt dat leerlingen de verschillende processen uitscheiding, opslag en afbraak met elkaar in relatie kunnen brengen en hun kennis over deze processen in hun redeneringen kunnen hanteren ¹(zie pagina 115).

- *Toepassen van kennis*

Onder het toepassen van kennis wordt verstaan dat leerlingen *uit zichzelf verworven en verwerkte kennis kunnen gebruiken in een nieuwe situatie*, zoals bij voorbeeld bij het beantwoorden van de vragen uit de casustoetsen. De resultaten hiervan zijn in het vorige hoofdstuk uitgebreid beschreven. De meeste leerlingen blijken in staat te zijn hun kennis toe te passen in andere contexten dan die welke in het curriculum aan de orde zijn geweest.

- *Samenvattend*

De hierboven genoemde opdrachten blijken aan hun doel te beantwoorden. Uit de overige protocollen, die in verband met de beschikbare ruimte niet zijn opgenomen, blijkt dat de meeste opdrachten serieus zijn gemaakt. Bij sommige opdrachten, waarbij leerlingen moesten aangeven het wel of niet eens te zijn met een bepaalde bewering, hielden sommige groepjes leerlingen geen onderlinge discussie maar gaven alleen aan of een bepaalde uitspraak waar of onwaar was. Bij deze groepjes was enige sturing door de docent nodig.

Ook blijkt (zie het tweede voorbeeld) dat leerlingen bij sommige opdrachten meerdere fasen van het begripsontwikkelingsmodel kunnen doorlopen, zoals activeren en verwerven van kennis. Daarnaast komt het voor dat door verschillen in voorkennis, de ene leerling bij een opdracht nieuwe begrippen verwerft, terwijl een andere die deze kennis al bezit bezig is met het verwerken van kennis.

8.1.2 Functionaliteit van de gekozen contexten

Uit de observaties en protocollen blijkt dat de keuze voor 'schadelijke stoffen in voeding' als aanleercontext goed aansluit bij de beleavingswereld van de leerlingen, evenals de meeste verwervings-, verwerkings- en toepassingscontexten. De gekozen contexten riepen in alle groepen eigen ervaringen op, bijvoorbeeld over kleurstofallergie, drinken van bepaalde hoeveelheden alcohol zonder dronken te worden en over 'gezond' en 'ongezond' snoep. Toch werd het werken in groepjes er soms door bemoeilijkt, omdat een aantal leerlingen de neiging had op te gaan in de eigen verhalen en de opdrachten te vergeten.

8.2 Het ervaren curriculum

Aan de hand van een vragenformulier is onderzocht hoe leerlingen het uitgevoerde curriculum hebben ervaren. In dit vragenformulier zijn enkele open vragen opgenomen met betrekking tot de inhoud van het curriculum. Daarnaast zijn 41 items opgenomen over, onder meer, de inhoud van het lesmateriaal, de waardering voor de werkwijze tijdens de lessenserie, veiligheid in de klas, werkklimaat in de klas en de docent (zie

¹ Zoals verwacht, tonen de opmerkingen van de leerlingen weinig diepgang. Het curriculum is daar ook niet op gericht: het beoogt integratie van globale kennis over de lichaamsprocessen.

hoofdstuk 5). Bij elk item hebben de leerlingen op een schaal van 1 tot 5 aangegeven of en in welke mate zij het er mee eens zijn.

Over elk thema zijn meerdere items opgenomen in een verschillende formulering. Zo is werkklimaat geoperationaliseerd als:

- Ik word in de klas afgeleid door de andere leerlingen.
- De leerlingen praten teveel door elkaar heen tijdens de les.
- Het is in de klas te onrustig om goed te kunnen werken.

Indien een leerling het met alle drie de items eens is, wordt aangenomen dat deze leerling vindt dat er teveel onrust is in de klas. Indien een leerling geen eenduidige reactie op de drie items geeft, kan geen uitspraak gedaan worden over de mening van deze leerling ten aanzien van onrust in de klas. In totaal hebben 35 leerlingen de vragenlijst ingevuld.

8.2.1 Lesmateriaal en klasseklimaat

In deze paragraaf worden vijf thema's beschreven die in de vragenlijst aan de orde zijn geweest.

- *Inhoud van de lessenserie*

Over dit thema zijn vijf items opgenomen die betrekking hebben op de betrokkenheid van leerlingen bij het onderwerp 'schadelijke stoffen in voeding' en de mate waarin leerlingen dit onderwerp relevant vinden voor het dagelijks leven. Zeventig procent van de leerlingen is geïnteresseerd in dit onderwerp en is van oordeel dat de lesstof bruikbaar is in het dagelijks leven. Hiervan geeft 45% een volledig eenduidig antwoord en geven de overige leerlingen (25%) bij één of twee van de items een neutraal antwoord.

Vijf leerlingen (15%) geven aan minder betrokken te zijn bij het onderwerp 'schadelijke stoffen in voeding'. De overige vijf leerlingen (15%) geven geen eenduidige antwoorden, waardoor hun mening over de inhoud van de lessenserie onduidelijk blijft.

- *Werkwijze tijdens de lessenserie*

In totaal zijn over dit onderwerp vijf items opgenomen; twee items gaan over het werken in groepen, twee over het niveau van de opdrachten en één over de onderzoeksactiviteiten in de klas.

Twintig leerlingen (57%) vinden het werken in groepen leuk en zijn van mening dat je je door groepswork meer bewust wordt van je eigen opvattingen. Dertien leerlingen (37%) beoordelen het groepswork neutraal, terwijl vijf leerlingen (14%) het werken in groepen niet als positief hebben ervaren.

Veertien leerlingen (40 %) vinden het niveau van de lessenserie te makkelijk, zes leerlingen (17 %) zijn van mening dat de opdrachten te moeilijk zijn. De overige 15 leerlingen (43%) vinden het niveau van de opdrachten goed (niet te moeilijk en niet te makkelijk). Hoe dan ook, 86 procent van de leerlingen geeft een bevestigend antwoord op de vraag of zij nieuwe kennis hebben opgedaan. Drie leerlingen (9%) hebben het gevoel dat zij weinig nieuws hebben geleerd.

De onderzoeksactiviteiten (video- en audio-opnames) hebben de meeste leerlingen niet

gestoord (71%). Zes leerlingen (17%) vonden het wel storend, de overige leerlingen hebben een neutraal antwoord gegeven.

- *Veiligheid in de klas*

Over dit thema zijn vier items opgenomen die te maken hebben met de vraag of leerlingen zich gewaardeerd voelen door medeleerlingen en zich thuis voelen binnen de groep.

Bijna alle leerlingen (94%) reageren eenduidig positief.

- *Werkklimaat in de klas*

In de vragenlijst zijn vier items over het werkklimaat opgenomen. Deze items hebben betrekking op de onrust in de klas en de mate waarin leerlingen het gevoel hebben gehinderd te worden om goed te kunnen werken.

Veertien leerlingen (40%) blijken volledig tevreden te zijn over het werkklimaat in de klas. Daarnaast vinden 5 leerlingen (14%) dat het in de klas te onrustig is om goed te kunnen werken. De overige leerlingen geven zowel neutrale als positieve reacties.

- *Waardering voor de docent*

Over dit thema zijn zes items opgenomen die betrekking hebben op de betrokkenheid van de docent bij de leerlingen en de mate waarin de docent hen begeleidt bij het verkrijgen van kennis. Uit de reacties van de leerlingen blijkt dat, op één na, alle leerlingen een overwegend positief beeld van de docent hebben (26 leerlingen geven slechts één of geen neutrale reacties en zijn verder positief, zeven leerlingen geven twee à drie keer een neutrale reactie naast de positieve scores). Zij vinden dat de docent belangstelling voor hen toont, rekening houdt met hun wensen met betrekking tot de lesstof, goed kan uitleggen en hen helpt bij het verwerven en verwerken van nieuwe kennis, onder meer door hen over de lesstof na te laten denken.

8.2.2 Zinvolheid van de lessenserie

Uit de antwoorden op de open vragen uit de vragenlijst blijkt dat de leerlingen de onderdelen van de lessenserie die betrekking hebben op toxicologische normen (met name ADI) en de weg van een stof door het lichaam het zinvolst vinden. De argumenten die leerlingen hierbij noemen hebben bijna alle betrekking op de toepasbaarheid (22 keer), bijvoorbeeld:

"Ik kan nu krantenartikelen beter nuanceren" of *"Het is gewoon nodig dat je weet hoe je lichaam reageert als je iets eet"*.

Andere onderwerpen, zoals dierproeven en dosis-effect relaties, worden door één of twee leerlingen genoemd. De argumenten die leerlingen hierbij aandragen hebben ook voornamelijk betrekking op de toepasbaarheid van de genoemde onderwerpen in het dagelijks leven.

Ook is de leerlingen gevraagd van welk onderdeel zij het meest geleerd hebben. Hierbij zijn eveneens de onderwerpen ADI en de weg van een stof door het lichaam het vaakst genoemd.

Tabel 8.1
 Samenstelling van de proefgroep (n=38) en van de referentie-groep (n=35) naar examenpakket.

Examenpakket	Lessenserie 'Alles is giftig?'	
	wel	niet
zonder biologie	11 (groep A)	7 (groep C)
met biologie	27 (groep B)	18 (groep D)

8.2.3 Samenvatting

De meeste leerlingen hebben de lessenserie met interesse gevolgd. Bijna alle leerlingen geven aan dat zij de belangrijke delen van de lessenserie zinvol vinden, omdat de inhoud van deze delen toepasbaar is in het dagelijks leven. Een aantal leerlingen geeft aan dat zij het niveau van de opdrachten te makkelijk vinden, bijna alle leerlingen geven echter aan dat zij voldoende kennis hebben opgedaan.

Het werken in groepen is door de meeste leerlingen als positief ervaren. Leerlingen hebben ervaren dat zij zich door het groepswork meer bewust zijn geworden van hun eigen opvattingen. De meeste leerlingen vinden het klaslimaat tijdens de lessenserie goed en hebben een positief beeld van de aanpak van de docent.

8.3 Het geleerde curriculum: een vergelijking met een referentie-groep

In hoofdstuk zeven zijn de resultaten van de retentietoets (casustoets 4) van de proefgroep beschreven. Om na te gaan of leerlingen uit de proefgroep, na langere tijd, in vergelijking met een referentie-groep een beter beeld hebben van de samenhang tussen lichaamsprocessen en van algemeen-toxicologische principes is de retentietoets gelijktijdig afgenomen bij een referentie-groep. Deze groep bestond uit 35 leerlingen uit 5-vwo die de lessenserie 'Alles is giftig?' niet hadden gevolgd en ook geen ander vergelijkbaar onderwijs hadden gehad.

In deze vierde casustoets zijn vragen opgenomen over de onderwerpen lichaamsprocessen, de betekenis van de ADI en de extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens. In de volgende subparagrafen worden per onderwerp de verschillen beschreven tussen de resultaten van de proefgroep en die van de referentie-groep. Bij deze beschrijving is onderscheid gemaakt tussen leerlingen die biologie als eindexamenpakket hebben gekozen en leerlingen die geen biologie in hun eindexamenpakket hebben, zie tabel 8.1. Dit onderscheid is gemaakt om na te gaan of er een samenhang is in de kwaliteit van de antwoorden en het al dan niet hebben gekozen van biologie als eindexamenpakket.

8.3.1 Kennis over lichaamsprocessen

In tabel 8.2 staan weergegeven de waarderingen van de antwoorden op de vraag over de weg van een stof door het lichaam. Uit deze tabel blijkt dat de leerlingen uit de

Tabel 8.2

Procentuele verdeling van de waarderingen per groep van de antwoorden op de vraag over de weg van sulfiet door het lichaam (voor indeling in groepen zie tabel 8.1).

groep	waardering	percentage
A	goed	0
	redelijk	37
	onvoldoende	63
B	goed	30
	redelijk	30
	onvoldoende	40
C	goed	0
	redelijk	6
	onvoldoende	94
D	goed	11
	redelijk	17
	onvoldoende	72

proefgroep (A en B) in vergelijking met de referentie-groep (C en D) een beter beeld hebben van het samenspel van lichaamsprocessen.

Groep B heeft het hoogste percentage leerlingen (30%) dat een correcte beschrijving geeft van de weg van een stof door het lichaam. Hierbij noemen de leerlingen de organen in de juiste volgorde en zij geven daarbij aan waar opname, afbraak en uitscheiding van schadelijke stoffen plaatsvindt.

Daarnaast zijn er in groep B, evenals in groep A, relatief veel leerlingen die een antwoord geven dat als redelijk wordt gewaardeerd. Ofwel omdat een leerling een fout maakt bij het beschrijven van de weg van sulfiet door het lichaam of omdat hij aan een orgaan een verkeerde functie toekent.

In de groepen C en D komen de hoogste percentages voor van leerlingen die voor hun antwoorden de waardering onvoldoende hebben gekregen. De meeste leerlingen uit de twee groepen geven een onvolledige beschrijving van de weg van sulfiet door het lichaam, zij noemen bloed niet als transportmiddel en vermelden ook lever en afbraak niet.

Verder blijkt uit de tabel dat leerlingen die biologie als eindexamenvak hebben gekozen (groep B en D) betere antwoorden geven dan leerlingen die biologie niet in hun vakkenpakket hebben opgenomen (groep A en C).

8.3.2 Kennis over de ADI

- *Eenmalige overschrijding van de ADI is niet schadelijk*

Uit tabel 8.3 blijkt dat een groot deel van de leerlingen uit de groepen A en B terecht

Tabel 8.3

Percentage leerlingen per groep dat eenmalige overschrijding van de ADI al dan niet schadelijk vindt of een antwoord geeft waaruit niet is af te leiden of ze het al dan niet schadelijk vinden (?).

Groep	schadelijk om de ADI te overschrijden		
	wel	niet	?
A (n=11)	27	64	9
B (n=27)	11	78	11
C (n=17)	41	41	18
D (n=18)	34	44	22

van mening is dat eenmalige overschrijding van de ADI niet schadelijk is. In de groepen C en D is het aantal leerlingen met deze opvatting aanzienlijk kleiner. Bij de onderbouwing van hun mening gebruiken de leerlingen verschillende argumenten. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden in argumenten die als goed, redelijk of als onvoldoende zijn gewaardeerd.

Argumenten die als goed zijn gewaardeerd:

- Het is alleen schadelijk als de ADI regelmatig wordt overschreden.
- Het is niet schadelijk de ADI een keer te overschrijden, omdat er een veiligheidsfactor in zit.

Argumenten die als redelijk zijn gewaardeerd:

- Als het op één dag gebeurt en daarna twee weken niet is het niet schadelijk.

Argumenten die als onvoldoende zijn gewaardeerd:

- Het is niet erg want de ADI is een gemiddelde.
- Het is niet erg want het wordt uitgescheiden.
- Het is niet erg want de norm is hoger.
- ADI is de maat voor veiligheid.
- Niet erg als je het verspreid over de dag inneemt.
- Niet erg, het is per situatie verschillend.

Hierbij moet opgemerkt worden dat de argumenten die als goed zijn gewaardeerd het meest voorkomen in antwoorden van leerlingen uit groep B. Argumenten die als redelijk zijn gewaardeerd komen voor bij leerlingen uit de groepen A en B en argumenten die als onvoldoende zijn gewaardeerd komen het meest voor bij de leerlingen uit de groepen C en D.

- *Eenmalige overschrijding van de ADI is wel schadelijk.*

Van de leerlingen uit de groepen A en B denkt respectievelijk 27% en 11% ten onrechte dat eenmalige overschrijding van de ADI schadelijk is (tabel 8.3). In de groepen C en D liggen deze percentages hoger, respectievelijk 42% en 33%. Volgens de leerlingen uit deze twee groepen is overschrijding van de ADI schadelijk, omdat:

Tabel 8.4

Percentage leerlingen per groep dat sulfiet op grond van proefdiergegevens al dan niet als carcinogeen voor de mens beschouwt of een antwoord geeft waaruit niet is af te leiden of ze het al dan niet carcinogeen voor de mens vinden (?).

Groep	carcinogeen voor de mens		
	wel	niet	?
A (n=11)	0	91	9
B (n=27)	23	70	7
C (n=17)	41	53	6
D (n=18)	27	56	17

- het hoofdpijn kan veroorzaken;
- er dan sprake is van overschrijding van een norm, hetgeen altijd gevaarlijk is;
- het schadelijk is als hij gaat rijden;
- het samenhangt met aanleg;
- het drinken van meer wijn, meer sulfiet betekent en hoe meer sulfiet, hoe schadelijker.

In de groepen C en D zijn in vergelijking met groep A en B, meer leerlingen die een onduidelijk antwoord geven.

8.3.3 Kennis over extrapolatie van proefdiergegevens

- *Extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens is niet zonder meer mogelijk*

Uit tabel 8.4 blijkt dat een groot deel van de leerlingen uit de groepen A en B terecht denkt dat een stof die bij proefdieren carcinogeen is, niet vanzelfsprekend carcinogeen voor de mens is. In de groepen C en D is het aantal leerlingen dat zo denkt lager. Bij de onderbouwing van hun mening gebruiken de leerlingen de volgende argumenten.

Argumenten die als goed zijn gewaardeerd:

- Mensen kunnen anders reageren dan proefdieren op blootstelling aan sulfiet, omdat ze een andere bouw en/of stofwisseling hebben.

Argumenten die als redelijk zijn gewaardeerd:

- Alleen carcinogeen als de mens de stof in dezelfde verhouding als het proefdier binnen krijgt.
- Er moet nader onderzoek gedaan worden.

Argumenten die als onvoldoende zijn gewaardeerd:

- Verwijzing naar de tekst: nee, er staat alleen dat je er hoofdpijn van krijgt.

Goede argumenten komen voor bij leerlingen uit alle groepen, maar het meest bij leerlingen uit groep B. Argumenten die als redelijk zijn gewaardeerd komen in alle groepen voor, terwijl argumenten die als onvoldoende zijn gewaardeerd alleen in groep C voorkomen.

- *Extrapolatie van proefdiergegevens naar de mens is mogelijk*

Uit tabel 8.4 blijkt dat geen enkele leerling uit groep A denkt dat sulfiet op grond van proefdiergegevens carcinogeen is voor de mens. Een kwart van de leerlingen uit groep B vindt ten onrechte dat proefdiergegevens wel naar de mens geëxtrapoléerd kunnen worden. In de groepen C en D heeft respectievelijk 41% en 27% van de leerlingen deze opvatting.

Verspreid over alle groepen motiveren leerlingen hun antwoord als volgt:

- Een rat wordt niet voor niets als proefdier gebruikt.
- Met een (onjuiste) berekening wordt aangegeven dat sulfiet carcinogeen is.
- Mensen en ratten komen sterk overeen, zijn beide zoogdieren.
- Hangt samen met aanleg.
- Hoe meer wijn hoe meer sulfiet, hoe schadelijker.

8.3.4 Verschillen tussen de groepen

De leerlingen uit de proefgroep tonen meer begrip van de ADI en van extrapolatie van proefdiergegevens; zij noemen meer argumenten met een biologisch karakter. Verder hebben de leerlingen uit de proefgroep een beter beeld van het samenspel van lichaamsprocessen. Deze leerlingen geven kwalitatief betere beschrijvingen van de weg van een stof door het lichaam dan leerlingen uit de referentie-groep.

Opvallend is dat alleen leerlingen die biologie als keuzevak hebben, goede beschrijvingen geven. Bij het berekenen van een gemiddelde eindscore per groep aan de hand van de waarden van de antwoorden op de verschillende vragen (zie voor de procedure paragraaf 7.4) blijkt echter dat het al dan niet hebben van biologie in het vakkenpakket niet van invloed is. Groep A heeft als gemiddelde eindscore 2.1, groep B: 2.2, groep C en D beide 1.7. De invloed van het al dan niet gevolgd hebben van de lessenserie 'Alles is giftig?' komt duidelijk naar voren. De gemiddelde eindscore van groep A en B is in vergelijking met die van C respectievelijk D duidelijk hoger.

8.4 Discussie en conclusies

De invloed van de lessenserie 'Alles is giftig?' is zichtbaar in de antwoorden van de leerlingen uit de proefgroep. Leerlingen uit deze groep hebben in vergelijking met leerlingen uit de referentie-groep een beter inzicht in het samenspel van lichaamsprocessen en in algemeen-toxicologische principes, i.c. dosis-effect relaties, betekenis van de ADI en extrapolatie van proefdiergegevens. De denkbepelden van leerlingen uit de referentie-groep komen overeen met die van leerlingen uit de voorkennisonderzoeken die in hoofdstuk twee staan beschreven.

Uit de resultaten van de retentietoets blijkt, dat leerlingen uit de proefgroep in staat zijn de kennis toe te passen die zij een jaar eerder hebben verworven tijdens de lessenserie 'Alles is giftig?'. Dit is een aanwijzing dat er tijdens het uitgevoerde curriculum zinvol-leren heeft plaatsgevonden. Novak (1977) beschrijft namelijk dat één van de kenmerken van zinvol-leren is, dat leerlingen ook na langere tijd de geleerde kennis kunnen toepassen.

De uitgangspunten waarop het geschreven curriculum is gebaseerd, zijn gerealiseerd in het uitgevoerde curriculum. Uit de protocollen blijkt namelijk dat het lesmateriaal aansluit bij de voorkennis van leerlingen. Verder blijkt uit de protocollen dat de fasen die in het begripsontwikkelingsmodel vermeld zijn, terug te vinden zijn in het uitgevoerde curriculum.

Uit de resultaten van het onderzoek naar het ervaren curriculum komt naar voren dat leerlingen de lessenserie 'Alles is giftig?' met interesse hebben gevolgd en van mening zijn dat de inhoud, in ieder geval onderdelen ervan, toepasbaar is in het dagelijks leven. Hieruit maak ik op dat de leerlingen globaal voldoende gemotiveerd zijn. In hoofdstuk drie is daarnaast lokale motivatie als een belangrijke voorwaarde genoemd. Het merendeel van de activerings-, verwervings- en verwerkingscontexten uit het lesmateriaal, blijkt de leerlingen voldoende te motiveren om actief bezig te met de opdrachten, zij het dat een aantal van deze contexten door de leerlingen duidelijk als minder motiverend is ervaren. Het is niet eenvoudig om criteria aan te geven voor aansprekende activerings-, verwervings- en verwerkingscontexten. Met het nodige voorbehoud noem ik er twee.

- Contexten moeten direct herkenbaar zijn in het dagelijks leven van de leerlingen. Opdrachten over voedselvergiftiging, over keuze voor voedingsmiddelen met of zonder kleurstoffen, en over het berekenen van de hoeveelheid nitraat in een maaltijd spreken de meeste leerlingen aan. Opdrachten die leerlingen niet direct op zich zelf kunnen betrekken, zoals de vraag over de weg van pesticiden door het lichaam bij fruittelers, roepen minder reacties bij leerlingen op.
- Contexten moeten gekoppeld worden aan een uitdagende opdracht. De opdrachten met een meer gesloten karakter, zoals vragen naar de juistheid van bepaalde beweringen, of het wel of niet bestaan van bepaalde verbindingen in het lichaam, zetten leerlingen minder tot nadenken en het uitwisselen van denkbeelden aan dan opdrachten met een meer open karakter. Een voorbeeld van een open opdracht is de opdracht waarbij leerlingen zelf de relatie moeten ontdekken tussen de factor tijd en dosis-effect relaties. Contexten waarbinnen leerlingen zelf een denkbeeldig onderzoekje moeten opzetten spreken eveneens aan. Bijvoorbeeld de opdracht waarbij leerlingen een proefdierexperiment moeten opzetten om een nieuwe kleurstof te onderzoeken of moeten bedenken hoe uitgezocht kan worden of een stof is afgebroken in het lichaam.

Naast de bovengenoemde punten speelt bij het al dan niet plaatsvinden van zinvol leren uiteraard de sfeer in de klas een grote rol (Van der Linden, 1987; Brophy, 1989; Biggs, 1990). Gelet op de positieve oordelen van de leerlingen over het klaslimaat en de docent is het aannemelijk dat die het leerproces hebben ondersteund.

Concluderend kan gezegd worden dat het uitgevoerde en ervaren curriculum corresponderen met de (uitgangspunten van) het geschreven curriculum en dat er sprake is van duurzame leereffecten bij de proefgroep blijken uit de vergelijking met een referentie-groep.

Hoofdstuk 9

Evaluatie van het onderzoek

In dit slothoofdstuk wordt het onderzoek geëvalueerd en wordt stilgestaan bij de opbrengst van dit onderzoek voor de didactiek van de biologie en voor het biologietoelatingsonderwijs.

In paragraaf 9.1 worden de aanleiding en uitgangspunten van het onderzoek herhaald. De onderzoeksvragen worden in paragraaf 9.2 beantwoord. Vervolgens wordt in paragraaf 9.3 stilgestaan bij de bruikbaarheid van de gekozen evaluatie-instrumenten. In paragraaf 9.4 wordt de vakdidactische waarde van dit onderzoek beschreven en worden aanbevelingen gedaan voor nader onderzoek en voor toepassingen in het biologietoelatingsonderwijs.

9.1 Overzicht van het onderzoek

Het in dit proefschrift beschreven onderzoek sluit aan bij het eindexamenprogramma biologie en maakt deel uit van het CD β -onderzoeksprogramma Begripsontwikkeling en Curriculumonderzoek in de Natuurwetenschappen, alsmede van het onderzoeksprogramma van de vakgroep Didactiek van de Biologie met als thema *Stabiliteit en verandering in organismen*. Uitgangspunt hierbij is dat leerlingen door een synthetische benadering inzicht krijgen in de samenhang tussen verschillende deelsystemen van een organisme en in de reacties van een organisme op blootstelling aan schadelijke stoffen uit zijn omgeving. Specifieker geformuleerd gaat het in dit onderzoek om begripsont-

wikkeling over de reacties van het lichaam op verstoring van het interne milieu door blootstelling aan schadelijke stoffen. Leerlingen dienen zodanig inzicht te krijgen in de samenhang van een aantal deelsystemen van het menselijk lichaam en in enkele algemeen-toxicologische principes dat zij deze kennis kunnen toepassen op/in situaties van alle dag.

Leerlingen uit 4-vwo hebben, mede op grond van onderwijs in de onderbouw kennis over bouw en functies van het lichaam. Deze kennis is echter veelal gefragmenteerd aangeboden, waardoor leerlingen geen samenhang zien tussen de verschillende orgaan-systemen en lichaamsprocessen. Het ontbreekt hen aan geïntegreerde kennis. Over de schadelijkheid van stoffen hebben de leerlingen geen voorafgaand onderwijs gehad, zij hebben hierover wel voorkennis op grond van ervaringen uit het dagelijks leven.

Om de inhoud van het curriculum af te bakenen is voorkennisonderzoek uitgevoerd en zijn door een panel van deskundigen relevante onderwerpen geselecteerd.

De vraag hoe de geselecteerde onderwerpen onderwezen moeten worden, dient bij voorkeur in de praktijk te worden beantwoord via theoriegeleid curriculumonderzoek met een cyclisch verloop. Dit onderzoek is gebaseerd op de volgende theoretische uitgangspunten. Het begripsontwikkelingsproces bij leerlingen behoort zinvol te verlopen, dat wil zeggen in te spelen op de al aanwezige inhoud van hun cognitieve structuur met betrekking tot een bepaald onderwerp. Leerlingen hebben immers al voorkennis over de te onderwijzen onderwerpen. Indien hun ideeën wetenschappelijk gezien onvolledig en/of onjuist zijn, behoeven deze uitbreiding en/of bijstelling.

Deze theoretische uitgangspunten zijn verwerkt in een begripsontwikkelingsmodel, waarin vier fasen worden onderscheiden. In de eerste fase worden leerlingen zich bewust van hun kennis over een bepaald onderwerp, de activeringsfase. Tijdens de tweede fase geven leerlingen betekenis aan nieuwe begrippen en relaties, de verweringsfase. In de derde fase, de verwerkingsfase, wordt deze nieuwe kennis geïntegreerd met reeds aanwezige begrippen uit de cognitieve structuur. In de vierde fase passen leerlingen de zojuist verworven kennis toe op/in nieuwe situaties, de toepassingsfase. Binnen dit onderzoek is ervoor gekozen om leerlingen aan de hand van contexten deze fasen gemotiveerd te laten doorlopen.

De bovengenoemde uitgangspunten gaven te weinig richting voor het ontwikkelen van een concreet curriculum. Door middel van een creatief proces zijn deze uitgangspunten vertaald in een ontwerp van het curriculum.

In dit onderzoek is dit curriculum-ontwerp geëvalueerd met behulp van, onder meer, conceptmaps en casustoetsen. Bij de uitwerking van de resultaten zijn getallen gebruikt om de waardering voor de antwoorden van de leerlingen aan te geven. Het gebruik van getallen kan de indruk wekken dat het de bedoeling is geweest om de resultaten volgens kwantitatieve methoden uit te werken. Dit is echter niet het geval, de getallen dienen alleen om de antwoorden van de leerlingen onderling te kunnen vergelijken en om overzicht te krijgen.

9.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen

In hoofdstuk drie zijn drie onderzoeksvragen afgeleid uit de probleemstelling van het onderzoek. In deze paragraaf wordt nader bekeken of en in hoeverre deze vragen beantwoord kunnen worden.

Brengt het ontwikkelde curriculum leerlingen tot geïntegreerde kennis, i.c. inzicht in de samenhang tussen verschillende lichaamsprocessen?

Uit het voorkennisonderzoek is gebleken dat bij aanvang van de lessenserie de kennis van leerlingen over lichaamsprocessen sterk gefragmenteerd is. Deze voorkennis is grotendeels gebaseerd op voorafgaand onderwijs in de onderbouw van het vwo, waarin onderwerpen over lichaamsprocessen verspreid door de tijd worden aangeboden, zonder expliciet aandacht aan integratie te besteden.

In de lessenserie 'Alles is giftig?' is dit wel gedaan. In de lessenserie worden leerlingen door middel van verschillende typen opdrachten gestimuleerd om relaties binnen en tussen verschillende deelsystemen te leggen.

Uit de resultaten van de conceptmaps en de casustoetsen blijkt dat leerlingen na afloop van de lessenserie een beter beeld hebben van de samenhang tussen lichaamsprocessen dan bij aanvang van de lessenserie (zie hoofdstukken zes en zeven). Deze kenniswinst bestaat met name uit een toename van het aantal relaties dat leerlingen rond reeds bekende begrippen over lichaamsprocessen leggen, waarbij zij de betekenis die zij aan een begrip geven uitbreiden (zie hoofdstuk acht). Uit de resultaten van de retentietoets blijkt dat deze kennis geïntegreerd is in de cognitieve structuur.

Tijdens het voorkennisonderzoek heeft een deel van de leerlingen aangegeven niet geïnteresseerd te zijn in onderwijs over lichaamsprocessen: *"dat hebben we allemaal al gehad in de onderbouw"*. Het motiveren van de leerlingen is gedaan door het gebruik van contexten rond 'schadelijke stoffen in voeding'¹ en door een variatie in typen opdrachten die leerlingen in groepjes kunnen uitvoeren en die leerlingen actief betrekken bij het leren.

Hoewel in het curriculum voortdurend geappelleerd wordt aan in de onderbouw behandelde begrippen, is door het kiezen van een aanleercontext waarin schadelijke stoffen centraal staan en die leerlingen niet direct associëren met voorafgaand onderwijs, voorkomen dat de leerlingen de leerstof als een herhaling van de lessen in de onderbouw zagen. Uit de evaluatie blijkt dat de meeste leerlingen de lessenserie met interesse hebben gevolgd. Een aanzienlijk deel van de leerlingen is zelfs van mening over lichaamsprocessen het meeste geleerd te hebben (zie hoofdstuk acht).

Concluderend: mede door in het ontwikkelde curriculum gebruik te maken van verwerings- en verwerkingscontexten binnen de aanleercontext 'schadelijke stoffen in voeding', hebben leerlingen inzicht gekregen in de samenhang tussen verschillende lichaamsprocessen.

¹ Hierover hebben de leerlingen geen voorafgaand onderwijs gehad.

Leidt het ontwikkelde curriculum ertoe dat leerlingen gemotiveerd hun eigen ideeën rond het thema 'vergift' bijstellen en uitbreiden?

Uit het voorkennisonderzoek is naar voren gekomen dat leerlingen voorafgaand aan de lessenserie intuïtieve ideeën hebben over de schadelijkheid van stoffen en de effecten van deze stoffen op het lichaam. Deze ideeën zijn wetenschappelijk gezien vaak onvolledig of onjuist (zie hoofdstuk twee). Door onder meer het gebruik van contexten in het curriculum 'Alles is giftig?' is beoogd dat leerlingen hun ideeën bijstellen en/of uitbreiden. Zo is met behulp van toepassingscontexten de voorkennis van leerlingen geactiveerd en konden leerlingen aan de hand van verwervings-, verwerkings- en toepassingscontexten hun voorkennis bijstellen en/of uitbreiden en nieuwe kennis integreren in hun cognitieve structuur. Deze contexten hadden betrekking op verschillende situaties uit het dagelijks leven.

Naast het belang van contexten bij het verwerven, verwerken en toepassen van kennis, hebben contexten ook een belangrijke motiverende rol (zie hoofdstuk drie).

Uit de evaluatie van de lessenserie (hoofdstuk acht) blijkt dat leerlingen door het gebruik van contexten in de lessenserie 'Alles is giftig?' zowel globaal als lokaal werden gemotiveerd. Uit de resultaten van de derde casustoets (de natoets) is gebleken dat de meeste leerlingen na afloop van de lessenserie hun voorkennis hebben uitgebreid en/of bijgesteld en, vakinhoudelijk gezien, correct redeneerden. Zij konden aangeven op welke manieren het lichaam kan reageren op blootstelling aan schadelijke stoffen en zij legden relaties tussen dosis, frequentie van blootstelling, lichaamsgewicht en effect.

Toch bleek eveneens dat een aantal leerlingen ten aanzien van extrapolatie van proefdiergegevens ten dele vasthoudt aan hun eigen intuïtieve ideeën. Het betreft hier antwoorden op vragen als: zijn stoffen die kankerverwekkend zijn bij proefdieren dat ook bij de mens? Een aantal leerlingen antwoordde bij de open vragen van de derde casustoets dat dergelijke stoffen niet automatisch carcinogeen zijn voor de mens, omdat mens en dier anders kunnen reageren op bepaalde stoffen. In de briefopdracht van dezelfde casustoets gaven zij een overeenkomstig antwoord, maar voegden er aan toe dat een dergelijke stof toch wel slecht is en dat je er mee op moet passen. Deze leerlingen hebben de begrippen proefdieren, extrapolatie en voorwaarden voor extrapolatie wel op een rijtje, maar ze hebben gevoelsmatig kennelijk nog moeite om in hun eigen redenering te geloven. Dit probleem, waarbij een leerling wel de wetenschappelijk betekenis van een begrip verwerft en verwerkt maar niet toepast, is ookesignaleerd bij ander onderzoek (Eijkelhof, 1990; Lijnse, 1993). Hieruit blijkt dat bij het relateren van nieuwe begrippen aan reeds aanwezige kennis het niet alleen van belang is dat leerlingen de begrippen op een adequate manier koppelen, maar dat het ook een vereiste is dat leerlingen de nieuwe inzichten accepteren. Deze bevinding is in overeenstemming met de ideeën van Posner en Strike (1982) over begripsontwikkeling.

Concluderend kan worden gezegd dat leerlingen door het gebruik van contexten rond 'schadelijke stoffen in voeding' worden gestimuleerd om de meeste van hun ideeën rond vergift bij te stellen en uit te breiden.

Bevordert het gebruik van contexten binnen het ontwikkelde curriculum de wendbaarheid van verworven en verwerkte kennis?

Zoals in hoofdstuk 3 al is gezegd, bestaat er bij veel leerlingen een kloof tussen leef- en schoolwereld, waardoor leerlingen hun schoolkennis niet kunnen toepassen in dagelijkse situaties (Driver, 1988; Solomon, 1994). Om deze kloof te dichten, is in het curriculum 'Alles is giftig?' nieuwe kennis in de vorm van aansprekende contexten uit het dagelijks leven gepresenteerd, waardoor leerlingen een cognitieve structuur vormen die naast 'wetenschappelijke' begrippen ook begrippen uit het dagelijks leven bevat.

Uit de resultaten van de casustoetsen (zie hoofdstuk zeven) blijkt dat in dit onderzoek deze kloof met succes is verkleind en dat leerlingen hun kennis kunnen toepassen. Het toepassen van kennis kan daarbij, in navolging van Van Parreren (1987) als volgt worden voorgesteld. De cognitieve structuur van een leerling bestaat uit verschillende netwerken van begrippen en hun onderlinge relaties. Bij het oplossen van een probleem wordt een begrip uit een netwerk geactiveerd en als het ware over het probleem heen gelegd. Een leerling zal dus bij activatie van een begrip uit het dagelijks leven ook gerelateerde 'wetenschappelijk' begrippen activeren.

Concluderend: door in het ontwikkelde curriculum contexten te kiezen uit het dagelijks leven leggen leerlingen zowel relaties met vakbegrippen als met begrippen uit het dagelijks leven, waardoor de kloof tussen leef- en schoolwereld wordt verkleind.

Eindconclusie: Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat leerlingen inzicht hebben verkregen in de samenhang tussen deelsystemen van het menselijk lichaam, in de reacties van deze deelsystemen op verstoring van het interne milieu en in enkele algemeen-toxicologische principes. Deze inzichten zijn ontwikkeld onder invloed van een curriculum, waarin begrippen met betrekking tot lichaamsprocessen en algemeen-toxicologische principes aan de orde komen die aansluiten bij de voorkennis van leerlingen. In dit curriculum staan voorts contexten centraal, waardoor leerlingen worden gemotiveerd om hun voorkennis te activeren en deze door het verwerven en verwerken van nieuwe begrippen bij te stellen en/of uit te breiden.

9.3 Bruikbaarheid van de evaluatie-instrumenten

In deze paragraaf blik ik terug op het gebruik van de conceptmap en van de casustoets voor het evalueren van begripsontwikkeland onderwijs. In dit onderzoek is op enkele 'meetmomenten' gekeken of de begripsontwikkeling van een groep leerlingen in overeenstemming is met hierover vooraf geformuleerde verwachtingen. Het verloop van de begripsontwikkeling bij individuele leerlingen is dus niet continu gevolgd.

De conceptmap is gebruikt om vast te stellen of leerlingen de samenhang kunnen aangeven tussen verschillende lichaamsprocessen naar aanleiding van een vraag over de weg van een stof door het lichaam. De casustoets was met name bedoeld om na te gaan of de kennis die leerlingen tijdens de lessenserie verworven hebben wendbaar is, met andere woorden of leerlingen hun kennis kunnen toepassen op/in nieuwe situaties.

In de volgende paragrafen wordt bij elk evaluatie-instrument aandacht besteed aan de bruikbaarheid binnen het onderzoek.

9.3.1 Conceptmap

De conceptmap is als evaluatie-instrument gekozen om een beeld te krijgen van de manier waarop leerlingen verschillende begrippen over lichaamsprocessen met elkaar in verband brengen. Het onderscheid in globale analyse en subketen-analyse is zinvol gebleken (zie hoofdstuk zes). Deze beide manieren van analyse vullen elkaar aan. De resultaten van de globale analyse van de conceptmaps geven informatie over veranderingen in het aantal relaties van een bepaalde kwaliteit (goed beschreven, onbeschreven etc.). Informatie over de veranderingen in kennis over de samenhang binnen en tussen lichaamsprocessen is verkregen door middel van de subketen-analyse.

De conceptmap is geschikt om kennis van leerlingen over het samenspel van lichaamsprocessen vast te stellen. In overeenstemming met de verwachtingen op grond van literatuurgegevens hebben de conceptmaps discriminerend gewerkt (Lay Dopyerra, 1983; Stuart, 1985). Er zijn zowel inter- als intra-individuele verschillen tussen de voor- en natoets vastgesteld.

De rol van voorkennis in relatie tot het vermogen om een bepaalde kenniswinst te behalen, komt duidelijk naar voren in de resultaten (zie hoofdstuk zes). Leerlingen met een minder complexe eerste conceptmap, beschikken over minder voorkennis en hebben meer moeite met het leggen van nieuwe relaties in een tweede conceptmap dan de andere leerlingen.

Het gebruik van de conceptmap als evaluatie-instrument is door tal van onderzoekers reeds beschreven zonder in details te treden. Daarom wil ik hier wat uitvoeriger bij stilstaan en beginnen met het noemen van enkele voordelen.

Een conceptmap is een goede manier om een deel van de cognitieve structuur van een leerling in beeld te krijgen. Door middel van de conceptmap is het mogelijk om inzicht te krijgen in de relaties die leerlingen tussen begrippen leggen zonder dat je als onderzoeker veel stuurt. Met verschillende leerlingen zijn direct na afloop van het maken van de conceptmap nabesprekingen gehouden. Tijdens deze individuele gesprekken is de leerling gevraagd zijn conceptmap uit te leggen aan de onderzoeker; daarnaast zijn er aanvullende vragen gesteld over de verschillende lichaamsprocessen. Er blijken nauwelijks inhoudelijke verschillen te zijn tussen de conceptmap van een leerling en zijn mondelinge uitleg.

De conceptmap blijkt dus een valide en betrouwbaar evaluatie-instrument te zijn (zie ook hoofdstuk vijf).

Door het gebruik van conceptmaps als evaluatie-instrument bij begripsontwikkelingsonderzoek kan de kennis van leerlingen op meerdere momenten in een traject op een zelfde wijze worden vastgesteld, zonder het risico te lopen dat leerlingen de tweede conceptmap maken op basis van hun herinnering aan de eerste conceptmap ²(zie pagina 131).

Aan het gebruik van conceptmaps als evaluatie-instrument zijn ook nadelen verbonden. De analyse van een conceptmap kan tijdrovend zijn. Terugkijkend op de globale analyse kan gesteld worden dat met minder categorieën had kunnen worden volstaan, te weten: goed, fout en twijfel (Roebertsen, 1996).

Volgens sommige onderzoekers is een nadeel van het werken met conceptmaps dat ideeën van leerlingen die wetenschappelijk gezien incorrect zijn, door het maken van een conceptmap bij leerlingen geconsolideerd worden (Roth & Roychoudhury, 1992). Ik heb binnen mijn onderzoek geen duidelijke aanwijzingen in deze richting gevonden.

Het gebruik van een conceptmap als evaluatie-instrument stelt wel bepaalde eisen. Een conceptmap kan alleen voldoende informatie opleveren als een leerling alle relaties die hij tussen begrippen heeft gelegd, ook heeft beschreven. Als hij dat niet heeft gedaan, is het onduidelijk of hij een relatie niet kan beschrijven of dat hij het wel kan, maar niet gedaan heeft. Dergelijke problemen zijn grotendeels te vermijden door leerlingen een uitgebreide instructie te geven, vooraf te laten oefenen met het maken van een conceptmap over een ander onderwerp en door leerlingen herhaaldelijk te wijzen op het belang van het beschrijven van relaties.

9.3.2 Casustoets

De casustoets is binnen dit onderzoek gebruikt om het toepassen van kennis in nieuwe situaties te evalueren. Zinvol-leren impliceert dat kennis die verworven is binnen een bepaalde leersituatie, in een relatief nieuwe context kan worden toegepast (Novak, 1977; Brown, 1983). Uit de resultaten van hoofdstuk zeven blijkt dat leerlingen de kennis die zij tijdens de lessenserie hebben verworven, inderdaad toepassen bij het maken van de opdrachten uit de casustoetsen. Bij de voortoets hadden leerlingen veel intuïtieve ideeën over lichaamsprocessen en vage noties over de betekenis van de toxicologische begrippen. Mede onder invloed van de lessenserie hebben zij, wetenschappelijk gezien, correctere opvattingen gekregen die in de meeste gevallen zijn onderbouwd met relevante argumenten.

Met name de briefopdracht bleek een geschikte evaluatievorm te zijn om vast te stellen of leerlingen hun kennis kunnen toepassen, omdat leerlingen veel vrijheid hadden om hun eigen formuleringen te gebruiken. De open vragen zijn wat sturender dan de briefopdracht, maar enige sturing bleek nodig om leerlingen te stimuleren uitgebreid te antwoorden.

Helaas is het niet mogelijk om binnen een schoolsituatie na te gaan in hoeverre leerlingen schoolkennis gebruiken in het dagelijks leven.

² Het zal echter niet de motivatie verhogen als een leerling te vaak een zelfde conceptmap moet maken. In de eerste onderzoeksrunde bleek het maken van drie conceptmaps over dezelfde begrippen binnen een reeks van tien lessen voor sommige leerlingen al te veel te zijn. Zij 'hadden geen zin' om nog serieus een derde conceptmap te maken en verwezen naar eerder gemaakte conceptmaps.

Een voordeel van de casustoets als evaluatie-instrument is dat het een valide manier is om op een zelfde moment informatie te krijgen over de kennis van een grote groep leerlingen, waarbij leerlingen door de open vragen en de briefopdracht toch de gelegenheid hebben om in eigen woorden de antwoorden te formuleren. Ik wilde onderzoek doen naar begripsontwikkeling van een hele klas en niet van een klein aantal geselecteerde leerlingen. Een wellicht betere manier om begripsontwikkeling bij individuele leerlingen vast te stellen is hen te interviewen aan de hand van opdrachten. Dit is echter te tijdrovend in klassen van circa 20 leerlingen.

Een aandachtspunt bij het aanbieden van drie casustoetsen op verschillende momenten in een leertraject is dat het krantenartikel en de open vragen afgestemd moeten zijn op de 'gemiddelde' kennis van de leerlingen op de meetmomenten.

Leerlingen hebben bij de eerste casustoets nog geen onderwijs gehad over toxicologische principes. Indien er bij deze casustoets wel vragen over deze onderwerpen worden gesteld, is het voor de leerlingen frusterend en demotiverend om deze casustoets te maken. Om dit te voorkomen is de eerste casustoets opzettelijk wat 'lichter' gemaakt en is de moeilijkheidsgraad van de opeenvolgende casustoetsen enigszins opgevoerd. Dit is gedaan door het opnemen van krantenartikelen met toenemende complexiteit, door in de open vragen minder informatie te geven en door in de tweede en derde casustoets een extra vraag op te nemen over dosis-effect relaties. De genoemde verschillen hebben echter wel als nadeel dat zij de onderlinge vergelijkbaarheid van de casustoetsen bemoeilijken, maar dit is inherent aan de eis dat de situatie die in een casustoets aan de orde komt nieuw moet zijn.

Ter vergroting van de onderlinge vergelijkbaarheid zijn in de casustoetsen overeenkomstige vragen opgenomen. Om te voorkomen dat een 'test-effect' zou optreden en leerlingen de antwoorden van een voorgaande toets zouden opschrijven, zijn de vragen telkens verschillend qua opbouw en formulering. Dat deze opzet geslaagd is, blijkt uit het feit dat leerlingen niet het idee hebben gehad dat ze meerdere keren dezelfde toets kregen. In de eerste onderzoeksronde, bij het maken van drie conceptmaps gaven de leerlingen als commentaar *"Dit hebben we toch al gedaan?"* of *"Ik verwijs naar de vorige conceptmap, mag dat?"*. Dergelijke opmerkingen zijn over de casustoetsen niet gemaakt.

9.4 Opbrengst van het onderzoek

Hierbij wordt onderscheid gemaakt in opbrengst voor de didactiek van de biologie en opbrengst voor het biologietoelichting.

9.4.1 Voor de didactiek van de biologie

Veralgemeeniseerde structuur voor curricula gericht op integratie en toepassen van biologische kennis

Het curriculum 'Alles is giftig?' is gericht op het krijgen van inzicht in samenhang tussen verschillende lichaamsprocessen, waarbij het lichaam wordt beschouwd als een systeem bestaande uit meerdere deelsystemen, met een vermogen tot zelfregulatie.

Vanuit de vakdiscipline biologie gezien, zijn er, eenvoudig gesteld, twee manieren om

informatie over een systeem te krijgen: de analytische en de synthetische (zie paragraaf 1.1). Binnen de structuur van het curriculum 'Alles is giftig?' is gekozen voor een synthetische aanpak. Hierbij wordt gekeken naar de onderling samenhangende reacties van het organisme op blootstelling aan abiotische factoren in de omgeving. De nadruk ligt daarbij op de functies van de verschillende deelsystemen.

Binnen dit onderzoek is vanuit een aantal leertheoretische uitgangspunten een vertaalslag geleverd om te komen tot een structuur voor het curriculum 'Alles is giftig?'. Uit de resultaten is gebleken dat deze structuur doeltreffend is geweest, in die zin dat de gewenste resultaten grotendeels zijn bereikt. Deze structuur is binnen dit onderzoek exemplarisch gebruikt, maar zou als heuristiek kunnen dienen voor vergelijkbare thema's binnen het biologieonderwijs die gericht zijn op integratie van (voor)kennis van deelsystemen en op het toepassen van biologische kennis. Ik denk daarbij bijvoorbeeld aan stabiliteit en verandering in ecosystemen.

Hieronder wordt een beschrijving gegeven van de veralgemeniseerde structuur die afgeleid is van de structuur van het curriculum 'Alles is giftig?'. Het thema stabiliteit en verandering in ecosystemen dient hierbij als voorbeeld.

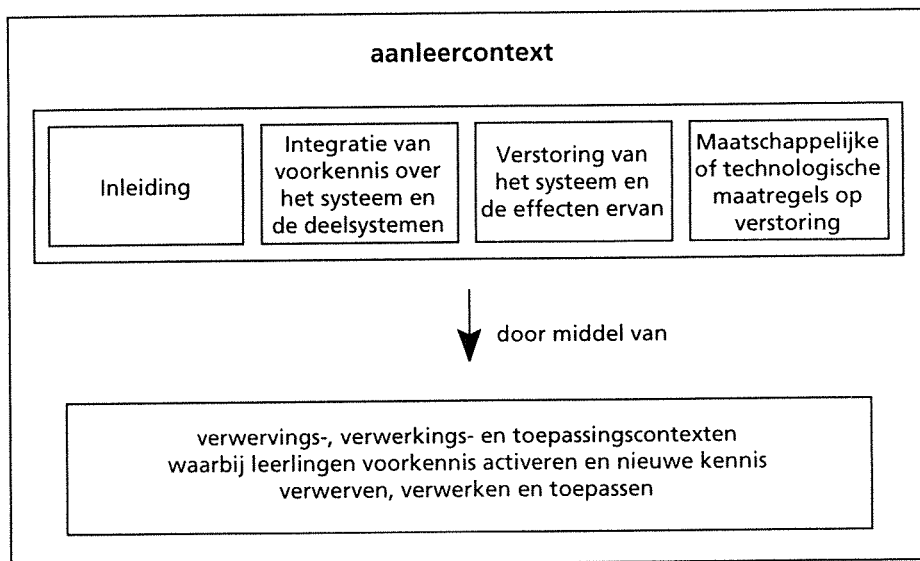
De veralgemeniseerde structuur omvat de volgende delen.

- Een systeem bestaande uit verschillende deelsystemen en hun functies die in evenwicht met elkaar zijn (bijvoorbeeld het bos als ecosysteem bestaande uit verschillende populaties van planten en dieren die in een ecologisch evenwicht met elkaar zijn).
- Invloeden die het evenwicht in het systeem verstoren en de effecten ervan (bijvoorbeeld uitstoot van gassen leidend tot verrijking of de aanleg van een weg leidend tot splitsing van biotopen).
- Maatregelen vanuit de maatschappij om de schadelijke effecten te beperken (bijvoorbeeld: milieuwetten, invoering van maatregelen die uitstoot van gassen beperken).
- Een algemene inleiding op de drie bovenstaande punten.

De genoemde delen kunnen als volgt aan de orde komen (zie figuur 9.1) binnen een aansprekende aanleercontext die als rode draad door het curriculum kan fungeren (bijvoorbeeld het thema Verkeer en eutrofiëring).

Aan het begin van het te ontwikkelen curriculum dient een algemene inleiding te komen, waarin door toepassingscontexten de interesse van leerlingen voor de onderwerpen wordt gewekt en leerlingen hun voorkennis over de onderwerpen activeren. Bijvoorbeeld aan de hand van een opdracht over de gevolgen van de aanleg van een snelweg door een bos.

Het tweede deel van het te ontwikkelen curriculum is gericht op het krijgen van inzicht in het samenspel van deelsystemen binnen het systeem waarover leerlingen op grond van voorafgaand onderwijs voorkennis hebben. Hierbij is het de bedoeling dat leerlingen, afhankelijk van het aantal te behandelen begrippen, de fasen van het begripsontwikkelingsmodel meerdere keren doorlopen. Hierbij activeren zij hun kennis



figuur 9.1

Veralgemeeniseerde structuur voor curricula waarin een biologisch systeem centraal staat en die gericht zijn op integratie en toepassen van biologische kennis.

aan de hand van toepassingscontexten en geven door verwervingscontexten betekenis aan nieuwe begrippen en relaties. Vervolgens verbinden de leerlingen hun nieuw verworven kennis met hun bestaande kennis aan de hand van verwerkingscontexten en toepassingscontexten en tot slot passen ze de kennis toe in nieuwe situaties. Het activeren van voorkennis over voedselketens en populatiedynamica zou bijvoorbeeld kunnen gebeuren naar aanleiding van een krantenartikel over vergrassing van de heide.

In het derde deel van het te ontwikkelen curriculum verwerven leerlingen kennis over begrippen die betrekking hebben op verstoring van het systeem door invloeden van buitenaf en over de effecten van verstoring op het systeem. De voorkennis van leerlingen over dit onderwerp is waarschijnlijk niet gebaseerd op voorafgaand onderwijs, en een aantal processen die aan de orde komen zullen voor leerlingen nieuw zijn, zij het dat zij hierover wel intuïtieve ideeën hebben. Ook in dit hoofdstuk is het de bedoeling dat leerlingen de fasen van het begripsontwikkelingsmodel meerdere keren doorlopen. Kennisverwerving over het begrip eutrofiëring zou bijvoorbeeld plaats kunnen vinden door leerlingen aan te laten geven hoe zij verwachten dat een grafiek verloopt waarbij de biomassa van pijpestrootje (een grassoort) per vierkante meter wordt uitgezet tegen de toename van verkeer over een weg door een heidegebied.

Het te ontwikkelen curriculum wordt afgesloten met een deel over maatregelen die vanuit de maatschappij worden genomen om de effecten van verstoring van het interne evenwicht van het systeem te beperken. Evenals bij het derde deel zal de voorkennis van leerlingen over dit onderwerp niet gebaseerd zijn op voorafgaand onderwijs en zullen de leerlingen over dit onderwerp nieuwe begrippen leren. Ook hierbij is het de bedoeling dat leerlingen door toepassings-, verwervings- en verwerkingscontexten de

fasen van het begripsontwikkelingsmodel doorlopen Een toepassingsopdracht hierover zou kunnen inhouden dat leerlingen nadenken over mogelijke maatregelen en de effecten ervan, die verstoring door aanleg van een weg door een bos verkleinen, zoals het verplichten van katalysatoren in auto's.

9.4.2 Voor het biologieonderwijs

- *Veralgemeeniseerde curriculumstructuur*

De veralgemeeniseerde curriculumstructuur, zoals beschreven in de vorige paragraaf.

- *Een bruikbare lessenserie*

Het curriculum 'Alles is giftig?' kan worden gebruikt om leerlingen een beeld te geven van de samenhang tussen lichaamsprocessen en de betekenis van algemeen-toxicologische principes als dosis-effect relaties en van toxicologische normen.

Inmiddels zijn er circa honderd biologiedocenten die naar aanleiding van nascholingscursussen en workshops een exemplaar van de lessenserie in hun bezit hebben. Van een aantal van hen is bekend dat zij de lessenserie ook daadwerkelijk uitvoeren of delen ervan gebruiken. Daarnaast is de lessenserie uitgegeven als katern in het Bronnenboek Biologie (1996) waarop circa 300 biologiesecties in het voortgezet onderwijs zijn geabonneerd.

- *Evaluatie-instrumenten*

Conceptmap

De conceptmap kan ook binnen het biologie-onderwijs als evaluatie-instrument worden gebruikt. Het zowel kwantitatief als kwalitatief analyseren van een conceptmap is erg tijdrovend (zie hoofdstuk vijf). Als een docent een beeld wil hebben van de samenhang die door een leerling binnen een conceptmap is aangebracht, dan is het aan te bevelen alleen op de kwalitatieve manier te analyseren aan de hand van subketens (zie hoofdstuk 5). Dit hoeft niet meer tijd te kosten dan het nakijken van een proefwerk met een aantal open vragen.

De conceptmap kan als didactisch hulpmiddel worden gebruikt om samenhang in leerstof te zien, zowel individueel en in groepjes, als klassikaal. Aan leerlingen kan gevraagd worden een conceptmap te maken van een les of een lestekst (Mason, 1992; Novak, 1993; Roebertsen, 1996). Verder kunnen conceptmaps leerlingen helpen bij het herkennen en veranderen van foutieve kennisstructuren (Novak, 1984; Pines, 1985)³. Bij het gebruik van conceptmaps als leerstrategie is het aan te bevelen om leerlingen in groepjes een conceptmap te laten maken. Uit onderzoek blijkt namelijk dat het gezamenlijk maken van een conceptmap, zinvol-leren bevordert (Roth & Roychoudhury, 1993).

³ Bij een aantal nabesprekingen van de casustoetsen wilden leerlingen een conceptmap maken om voor zich zelf helderheid te krijgen over de weg van een bepaalde stof door het lichaam. Door het maken van een conceptmap kregen de leerlingen overzicht en zagen zij hun eigen misvattingen.

Zoals in paragraaf 9.2 al is gezegd, worden bepaalde onderwerpen binnen het huidige biologieonderwijs nogal sterk gefragmenteerd aangeboden, waarbij er weinig aandacht is voor de onderlinge relaties. Waarschijnlijk krijgen leerlingen al een beter inzicht in de onderlinge relaties tussen de verschillende deelonderwerpen als zij aan het einde van een reeks lessen een conceptmap maken, waarin zij de deelonderwerpen met elkaar in samenhang moeten brengen.

Casustoets

In de huidige biologie schoolboeken worden regelmatig krantenartikelen opgenomen als illustratie van een onderwerp. Slechts in een beperkt aantal gevallen wordt er iets mee gedaan. Door op grond van een dergelijk krantenartikel een casustoets op te stellen, zou nagegaan kunnen worden in hoeverre leerlingen hun kennis over het betreffende onderwerp kunnen toepassen (Waarlo et al., 1995). Een andere mogelijkheid is dat leerlingen naar aanleiding van zo'n krantenartikel de opdracht krijgen om een ingezonden brief te schrijven. Hierdoor kan de docent eveneens een indruk krijgen van het vermogen van leerlingen om hun kennis toe te passen.

9.4.3 Aanbevelingen

- *Scholing van docenten*
 - Omgaan met voorkennis.

In nascholingscursussen en in de lerarenopleiding dient aandacht te worden besteed aan het omgaan met voorkennis van leerlingen. Bij de nascholingscursussen die tijdens het onderzoek zijn gegeven, hebben verschillende docenten gevraagd hoe met voorkennis om te gaan: "Hoe meet je voorkennis?", "Hoe houd je rekening met voorkennis?", "Wat doe je als er grote verschillen in voorkennis zijn?". Deze vragen moeten in nascholingscursussen en de lerarenopleiding aan bod komen, waarbij de conceptmap een voorbeeld is van een instrument om de voorkennis van leerlingen in kaart te krijgen. Voor een overzicht van methoden wordt verwezen naar White & Gunstone (1992).

- Omgaan met het gebruik van contexten.

In het onderwijs wordt op verschillende manieren gebruik gemaakt van contexten: in de schoolboeken worden contexten gebruikt en in het examenprogramma wordt over contextgebieden gesproken. In nascholingscursussen en de lerarenopleiding moeten de verschillende typen contexten worden onderscheiden: aanleer-, toepassings-, verwerings-, verwerkingscontexten en zouden (a.s) leraren vertrouwd gemaakt moeten worden met verschillende mogelijkheden om contexten binnen het onderwijs te gebruiken. Het curriculum 'Alles is giftig?' zou hierbij als voorbeeldmateriaal kunnen dienen. Verder kunnen ideeën worden ontleend aan Eijkelhof & Van der Veen (1989).

- *Onderzoek*

Bij het beschrijven van de veralgemeniseerde curriculumstructuur is gezegd dat deze structuur ook gebruikt kan worden in onderwijs over andere biologische onderwerpen,

waarbij integratie en toepassing van (voor)kennis centraal staan. Als voorbeeld heb ik stabiliteit en verandering in ecosystemen genoemd. Onderzocht moet worden in hoeverre de hierboven voorgestelde structuur geconcretiseerd kan worden en effectief is.

In dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat zinvol-leren leidt tot een complexe cognitieve structuur waarin leerlingen begrippen op een adequate manier hebben ingebouwd. Leerlingen die de lessenserie 'Alles is giftig?' hebben gevolgd en een goed beeld hebben van het samenspel van lichaamsprocessen, zouden hiervan voordeel moeten hebben bij verdere verdieping in lichaamsprocessen. Zij zouden bij vervolgonderwijs over lichaamsprocessen hiervan profijt kunnen hebben, omdat zij nieuwe begrippen eerder in relatie kunnen brengen met bestaande kennis. Onderzocht zou moeten worden of deze veronderstelling juist is.

Summary

This thesis focuses upon the development of a theoretically founded and empirically tested series of lessons aimed at the integration and transfer of knowledge of body processes and some toxicological principles.

The research question of this study is: *How can students be stimulated to acquire integrated knowledge of the human body as an open system and insight into general toxicological principles so that they are able to apply their knowledge in daily life?*

The purpose of this study is delineated in **chapter one**. This study is part of a research programme entitled 'Stability and Change in organisms' in the Department of Biological Education at Utrecht University. A key focus in this research programme is concept formation and curriculum research with regard to the disturbance of homeostasis in an organism after intake of abiotic or biotic substances. That is, an organism is viewed as an open system which is exposed to 'invaders' from the environment. In accordance with this point of view, this study focuses on man as an organism who is exposed to harmful substances from the environment. It also corresponds to a revised biology examination syllabus for upper secondary schools. The revised syllabus focuses on teaching and learning biology in real-life contexts with attention given to the application of knowledge. Additionally, it contains new content (e.g., toxicology). The series of lessons is intended for upper secondary school students (sixteen years of age) whose only knowledge of body processes is from their limited, previous biological education. Such a programme is necessary due to the fact that in Dutch biology textbooks, topics pertaining to body processes are found in many different chapters, not focusing on linkages. Furthermore, toxicology is a new topic for students.

Chapter two concentrates on the selection of the content of the series of lessons based on prior knowledge research with upper secondary school students about body processes and also based on recommendations from toxicologists experienced in providing toxicological information to the public.

The following topics have been selected: risk-assessment, dose-effect relations and some general information about the meaning of toxicological standards.

Next, the content of these topics has been defined and objectives of the series of lessons have been formulated.

In **chapter three** the theoretical foundation of the series of lessons is described. The design of the series of lessons is based on Ausubel's principle of meaningful learning; that is, that new knowledge should consciously be linked to existing, relevant concepts and propositions in the cognitive structure. To achieve meaningful learning three conditions must be fulfilled: pupils must be intrinsically motivated to learn, new concepts must be linkable with existing relevant knowledge and new concepts must be inherently meaningful. Three cognitive processes can be distinguished which are required for reaching meaningful learning:

- Receiving new knowledge in the cognitive structure;
- Making relevant existing concepts available in order to be linked to new concepts;
- Actively using concepts from the cognitive structure during learning or application of knowledge in new situations

In view of these cognitive processes, a model for concept formation has been designed using educational psychology as source of inspiration. Four stages are distinguished:

- 1 activation stage: where prior knowledge is activated;
- 2 acquisition stage: where new concepts are acquired;
- 3 incorporation stage: where new concepts are interrelated and connected to existing concepts;
- 4 application stage: where students apply their knowledge in new situations.

These stages are utilized in the design of the series of lessons by using several contexts (i.e., general learning context, activation context, acquisition context, and application context). The use of these contexts also strives to motivate students.

Chapter four describes how, based on the theoretical notions presented in chapter 3, the final part of the series of lessons titled 'Everything is Poisonous?' has been developed, tested and revised in two cycles. During the first cycle, the pilot study, a design of the series of lessons was outlined and tested with twenty five tenth grade, pre-university students (whose average age is sixteen years) in cooperation with their instructor. During the second cycle, the main study, the first version of the series of lessons has been revised (on the basis of the first cycle results) and then tested with thirty eight tenth grade students of the same age.

An outline of the series of lessons is provided, as a description of how it utilizes the four stages described above.

An overview of the research methods is given in **chapter five**. During the test period, data have been collected by classroom observations, audio and video taping of verbal interaction in the classroom, students and teacher interviews and through a questionnaire. In the pilot study concept formation has been assessed before, during (halfway) and after the series of lessons by using 'concept maps'. The concept maps were used to assess the improvement of students' understanding of the interplay of body processes. The pilot study results are then used to make improvements in the series of lessons and research instruments. In the main study, the concept map is used

both before and after the students are exposed to the series of lessons. Analysis of the concept maps involves two major procedures: a global procedure to check the quality of linkages and, a specific procedure to obtain information about the students' knowledge of body processes and their interplay.

In the pilot study, at the conclusion of the series of lessons, a 'newspaper test', containing some questions about a newspaper article about people exposed to harmful substances, is used to determine whether or not students are able to apply and retain their knowledge of the series of lessons 'Everything is Poisonous?'. In the main-study four newspaper-tests are used: before, during (half way), right after the series of lessons and as a retention test one year after the completion of the series of lessons.

Chapter six describes the results of the main study concept maps. The series of lessons appears to have contributed to an improvement of students' ideas about the ways in which toxic substances enter the body and how they are processed within the body. Specifically, knowledge about the interplay of the body processes degradation, excretion, and storage has improved. In conjunction with the literature, improvement of students' knowledge is related to their prior knowledge. Students possessing relatively less prior knowledge have less insight into the interplay of body processes compared to students possessing relatively more prior knowledge.

In **chapter seven**, the results from the analysis of the newspaper tests are presented. As expected, the students' knowledge about general toxicological principles and body processes has improved and it appears that most students are able to apply their knowledge in new situations. Tests of retention indicate that one year after completion of the series of lessons, most students understand the interplay between several body processes. Furthermore, the results show that students grasp the meaning of general toxicological principles. The quality of the answers from tests of retention, however, has decreased in comparison to those from the third test (i.e., immediately following the series of lessons). Finally, chapter seven concludes with an overview of the results from individual student newspaper tests.

An evaluation of the series of lessons is provided in **chapter eight**. The results are consistent with expectations. Additional information is included about how students have experienced the series of lessons. Most students have considered the series of lessons to be of use because the content is 'relevant to everyday life'. A comparison between students of the experimental group and a control group is also described in this chapter. The experimental group consists of eleventh grade students who have participated in the series of lessons 'Everything is Poisonous?' during their tenth grade. The control group consists of eleventh grade students who did not receive any formal education in the integration of body processes and general toxicological principles. The experimental group proved to possess more knowledge about body processes and general toxicological principles.

In chapter nine, the research question and the suitability of concept maps and newspaper tests as study instruments are discussed. Conceptmaps appeared to be powerful analysisinstruments of students' concept development. They can easily be used by teachers in classroom practice. Newspaper tests have proved to be useful in order to test the transferability of students' knowledge. Lines for future research are also provided. Finally, a general approach for biological education, aimed at the integration of knowledge about biological systems and the application of knowledge is presented, which can easily be extended to other topics, e.g. ecology.

The most important conclusions of this study are:

- Students' general insight into the ways in which toxic substances enter the body and how they are processed, has improved through the use of real-life acquisition and application contexts.
- Students have been stimulated to adjust or enlarge their ideas about general toxicological principles through the use of real-life contexts (e.g., using harmful substances in food).
- Students connect scientific concepts with real-life concepts and thereby the gap between 'school-knowledge' and 'everyday-knowledge' is reduced.

Literatuurlijst

- Akker, J. van den & T. Plomp (1994). Curriculumontwikkelingsonderzoek vanuit implementatie perspectief. In: B.C. Joha en F. Joosten (red.). *Ontwikkeland onderzoek. Praktijk gericht onderzoek in ontwikkeling*, (79-93). Amsterdam: VU Uitgeverij.
- Anonymus (1987). *Van research-biologie tot school-biologie*. Landelijk Onderzoeksprogramma Didactiek van de Biologie. Utrecht: RUU, Amsterdam: VU, Groningen: RUG.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D.P. & F.G. Robinson (1969). *School learning: an introduction to educational psychology*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ausubel, D.P., J.D. Novak & H. Hanesian (1978). *Educational psychology: a cognitive view, second edition*. New York: Rinehart & Winston.
- Banet, E., F. Nunez & A. de Pro (1995). *Students' Conceptual Patterns of Human Nutrition*. European Conference on Research in Science Education. Leeds: University of Leeds, 7-11 April 1995, (pp. 8).
- Berkel, H.J.M. van & A.E. Bax (1993). *Een handleiding voor het construeren van toetsen en het evalueren van leerdoelen en onderwijsvormen*. Houten & Zaventem: Bohn, Stafleu & Van Loghum.
- Biggs, J. (1990). Teaching for desired learning outcomes. In Entwistle, N. (ed.). *Handbook of educational ideas and practices*, (691-694). London & New York: Routledge.
- Biologie overal* (1992). Leerjaar 5-vwo, door P. Boer, F. Lagerwaard-Fijten, U.P. Steenhuis & A.P. van de Zee, Culemborg: Educaboek.
- Biologie voor jou* (1994). Leerjaar 4-havo door G. Smits & B. Waas, Den Bosch: Malmberg.
- Biologie overal* (1994). Leerjaar 5-havo, door P. Boer, F. Lagerwaard-Fijten, U.P. Steenhuis & A.P. van de Zee, Culemborg: Educaboek.
- Boekaerts, M., (1982). *Onderwijsleerprocessen organiseren. Hoe doe je dat?* Nijmegen: Dekker & Van de Vegt.
- Boekaerts, M. & P.R.J. Simons, (1993). *Leren en instructie, psychologie van de leerling en het leerproces*. Assen: Dekker & Van de Vegt.
- Bongaerts, M. & H.M. Schmidt (1990). *Effectiever leren door het stimuleren van voorkennis*. Idee, tijdschrift voor de lerarenopleiding, 11, 4.
- Broekman, H. & A.E. van der Valk (1990). Contexten in β -onderwijs. In: P.L. Lijnse & W. de Vos, (red.). *Didactiek in perspectief*, (52-59). Utrecht: CD- β Press.
- Bronnenboek Biologie (1996). *Alles is giftig?* Vijfde aanvulling, mei (4523/1-4523/58). Alphen aan de Rijn: Samson H.D. Tjeenk Willink .
- Brown, A.L. & J.D. Bransford (1983). Learning, remembering and understanding. In Flavell, J.H. & E.M. Markman (eds.). *Handbook of child psychology*, 3, (77-166). New York: J. Wiley and sons.
- Brugman, D. (1988). *Personaliseren van leerstof: een interventie-onderzoek naar het ontwikkelen van waardegebieden door leerlingen tijdens lessen sociale-wereldoriëntatie*. Proefschrift, Leiden, DSWO Press.
- Buddingh' J. (1996). Working with Personal Knowledge in Biology Classrooms on the theme of Regulation and Homeostasis in Living Systems. In K.M. Fisher & M.R. Kibby (eds.). *Knowledge Acquisition, Organization and Use in Biology*, (125-134). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

- Cohen, J. (1968). *Weighted Kappa: nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or particular credit*. Psychological Bulletin, 70, 4, 213-230.
- Corte, E. de, C.T. Geerligs, N.A.J. Lagerweij, J.J. Peters en R. Vandenberghe (1981). *Beknopte didaxologie*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Dekker, H. (1980). *Didactische werkvormen*. Een basisboek, 2e druk, Culemborg.
- Dochy, F.J.R.C. (1992). *Assessment of prior knowledge as a determinant for future learning*. Academisch Proefschrift, Open Universiteit, Heerlen.
- Driver, R. (1988). *Changing conceptions*. Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 6, 3, (161-198).
- Duit, R. (1993). *Research on students' conceptions - developments and trends*. Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca: Cornell University (pp.22)
- Eijkelhof, H.M.C. en K. van der Veen (1989). *Werken met contexten in het natuurkundeonderwijs*. Zeist: NIB.
- Eijkelhof, H.M.C. (1990). *Radiation and risk in physics education*. Academisch Proefschrift, Utrecht, CD- β Press.
- Examenprogramma Biologie (1991). Uitleg O&W-regelingen, 14, (40-52).
- Ferguson-Hessler, M.G.M. (1989). *Over kennis en kunde in de fysica. Een studie van cognitieve aspecten van het leren en doceren van natuurkunde*. Proefschrift Technische Universiteit Eindhoven. Helmond: Wibro.
- Genderen, D. van (1985). *Mechanica onderwijs in beweging. Een onderzoek naar veranderingen in de didactiek van de mechanica in het voortgezet onderwijs*. Academisch Proefschrift, Utrecht
- Goedhart, M.J. (1990). *Meten: normen en waarden*. Academisch Proefschrift. Utrecht: CD- β Press.
- Graaff, E. de & T. Peeters (1989). *Toetsen op basis van casuïstiek*. Onderzoek aan onderwijs, 18, (29-32).
- Hegarty-Hazel, E. (1991). *Relationship between students' conceptual knowledge and study strategies-part 1: students learning in physics*. International Journal of Science Education, 13, (303-312).
- Hermans, C.A.M. (1986). *Morele vorming, empirisch-theologisch onderzoek naar de effecten van een catechese-curriculum in de morele vorming omtrent de milieucrisis*. Uitgeversmaatschappij J.K. Kok-Kampen.
- Hodzelman, M. (1992). *De invloed van de media op jongeren*. Doctoraal scriptie. Utrecht: Didactiek van de Biologie, Universiteit Utrecht.
- Janssen, F. & P. Voogt (1995). *Ontwerpend leren in het biologieonderwijs*. NVOX, 9, (420-424).
- Klaassen, C.W.J.M. (1995). *A Problem-Posing Approach to Teaching the Topic of Radioactivity*. Utrecht: CD- β Press.
- Klostermann, J., A.J. Waarlo & J. Broertjes (1990). *Volgens mij zijn giftige stoffen een soort bacteriën. Een oriënterend onderzoek naar denkbelden van leerlingen uit 4-havo en 5-vwo over giftige stoffen*. NVON Maadblad 15, 5, (86-89).
- Koeman, J.H. (1983). *Algemene inleiding in de toxicologie*. Wageningen: Pudoc.
- Kok, W.A.M. (1982). *Ausubel en het zinvolle leren*. Losbladig onderwijskundig lexicon: training, onderwijs en vorming. Alphen aan de Rijn: Samson (5600-3 - 5600-11).
- Kramers, P.G.N. (1989). Milieu als gezondheidsdeterminant. RIVM-rapport 'Zorgen voor morgen' over milieu en gezondheid. Tijdschrift Gezondheidsvoorlichting, 6, 2, (3-5).
- Kreutzer, *Biologie voor de bovenbouw* (1989). Leerjaar 4-vwo, door H.H. Kreutzer, A.A.G., Oskamp, A.W.H. van Bakkem & J.F. Groeman. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Kreutzer, *Biologie voor de bovenbouw* (1993). Leerjaar 4-havo, door H.H. Kreutzer, H. van Griethuysen-Elfers, E.X. Maier et al. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Lay-Dopyera, M. & B. Beyerbach (1983). *Concept mapping for Individual Assessment*. Paper Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Annual Meeting, Montreal, Canada.
- Lijnse, P.L. (1993). Natuurkunde leren in context: een tautologie? In: D.G.B.J. Dieks, D. Van Genderen, E. Holl & P.L. Lijnse. *Vier visies op natuurkunde-onderwijs*. Bijdragen aan het symposium ter gelegenheid van het afscheid van Dik van Genderen. Utrecht, Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit van Utrecht.
- Linden, J.L. van der (1987). Samenwerken en leren in groepsverband. In: *Onderwijzen en leren*. P. Span, J.M.C. Nelissen, H.F. Pijning & C. Diethorst. Groningen: Wolters-Noordhoff.

- Lodewijks, J.G.L.C. (1981). *Leerstofsequenties. Van een conceptueel netwerk naar een cognitieve structuur*. Academisch Proefschrift, Tilburg.
- Markham, K.M., J.J. Mintzes & M.G. Jones (1994). *The Concept Map as a Research and Evaluation Tool: Further Evidence of Validity*. Journal of Research in Science Teaching, 31, (91-101).
- Mason, C.L. (1992). *Concept Mapping: A Tool to Develop Reflective Science Instruction*. Science Education, 76, (51-63).
- Mayer, E. R. (1979). *Twenty years of research on advance organizers: Assimilation Theory is still the best predictor of results*. Instructional Science, 8, (133-167).
- Mayer, E. R. (1989). *Models for understanding*. Review of Educational Research, 59, (43-64).
- Mills, G.E., P.W. Pace & P.D. Peterson (1988). *Analysis in human resource training and organization development*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley (133-150).
- Moore, C.M. (1989). *Group Techniques for Idea Building*. Newbury Park: Sage.
- Moreira, M. (1985). *Conceptmapping an Alternative Strategy for Evaluation*. Assessment and Evaluation in Higher Education, 10, 2, 159-168.
- Nijhof, W.J. (1993). Het ontwerpen van onderwijsleerpakketten. In W.J. Nijhof, H.A.M. Franssen, W.Th.J.G. Houben & R.G.M. Wolwert (red.). *Handboek Curriculum: modellen, theorieën, technologieën*. (297-331). Amsterdam Lisse: Zwets & Zeitlinger.
- Noordhoek, J. (1993). *Werken met vergif, uitdaging en risico's*. Inaugurale rede, Katholieke Universiteit van Nijmegen.
- Novak, J.D. (1977). *A theory of Education*. New York: Cornell University Press.
- Novak, J.D. (1981). *Applying Learning Psychology and Philosophy of Science to Biology Teaching*. The American Biology Teacher, 43, 1, (12-20).
- Novak, J.D. & D.B. Gowin (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J.D. (1990). *Concept Mapping: A Useful Tool for Science Education*. Journal of Research in Science Teaching, 27, (937-949).
- Novak, J.D. (1993). *A view on the Current Status of Ausubel's Assimilation theory of learning*. Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca: Cornell University (pp.21).
- Oers, B. van (1987). *Activiteit en begrip. Proeve van een handelings psychologische didactiek*. (163-165). Amsterdam: VU-Uitgeverij.
- Parreren, C.F. van (1989). *Ontwikkeland onderwijs*. Leuven, Acco.
- Philippsen, A. & L. Stam (1994). *Voorkennis over immunologie bij 5-VWO leerlingen*. Studenten scriptie, gemaakt in het kader van onderzoek van F. Janssen, Vakgroep Didactiek van de Biologie, Universiteit Utrecht.
- Pines, A.L. (1985). Toward a Taxonomy of Conceptual Relations and the Implications for the Evaluation of Cognitive Structures. In West, H.T. & A.L. Pines, (eds.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Orlando, San Diego, New York, Montreal, Sydney & London: Academic Press Inc.
- Plomp, T. & A. Feteris (1991). Onderwijskundig ontwerp als wetenschappelijke activiteit. In: S. Dijkstra, H.P.M. Krammers & J.M. Pieters (red.). *De onderwijskundig ontwerper*, (5-17). Amsterdam Lisse: Zwets & Zeitlinger.
- Posner, G.J., K.A. Strike, W. Hewson & W.A. Gertzog (1982). *Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. Science Education 66, 2, (211-227).
- Roebertsen, H. (1990). *Krijgt de Delphi-methode concurrentie?* Verslag van de VDB-Werkdagen. Utrecht: NIBI (pp.2).
- Roebertsen, H. & F. Janssen (1993). *Alles is giftig?* NVON maandblad, 18, 10, (426-430).
- Roebertsen, H. (1995). *De casustoets als evaluatie-instrument voor het vaststellen van biologisch en toxicologisch inzicht*. Verslag van de VDB-Werkdagen, (59-72). Utrecht: NIBI.
- Roebertsen, H. (1996). *De conceptmap als leer- en evaluatiemiddel in de klas*. Verslag van 10e conferentie voor het biologie-onderwijs, (92-103). Utrecht: NIBI.
- Roth W.M. & A. Roychoudhury (1993). *The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: a microanalysis of high school physics students*. Journal of Research in Science Teaching, 30, (503-534).

Literatuurlijst

- Shuell, T.J. (1985). Knowledge representation, cognitive structure and school learning: a historical perspective. In: West, H.T. & A.L. Pines, (eds.). *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Orlando, San Diego, New York, Montreal, Sydney & London: Academic Press.
- Simons, P.R.J. & J.G.G. Zuylen (1992). *Handboek huiswerkdidactiek en geïntegreerd studievaardighedenonderwijs*. Tilburg: Mesoconsult B.V.
- Solomon, J. (1994). Knowledge, Values and the Public Choice of Science Knowledge. In: J. Solomon & G. Aikenhead (eds.). *STS education, International perspectives on reform*, (99-110). New York & London: Teachers College Press.
- Strijbos, S. (1988). *Het technische wereldbeeld. Een wijsgerig onderzoek van systeem denken*. Amsterdam: Buijten & Schipperheyn.
- Stuart, H.A. (1985). *Should Concept maps be scored numerically?* European Journal of Science Education, 7, 1, (73-81).
- Swanborn, P.G. (1991). *Basisboek Sociaal onderzoek*. Meppel, Amsterdam: Boom.
- Treagus, D.F. (1989). Ontwikkeling en toepassing van diagnostische toetsen ter beoordeling van natuurwetenschappelijke misvattingen van leerlingen. In G.W. Ackers, J.S. Ten Brinke, Th. Cassee, E de Corte et al. (red.). *Paspoort voor de onderwijspraktijk*, (5.47-5.61). Deventer: Van Loghum Slater.
- Trochim, W.M.K. (1989). *An Introduction to Conceptmapping for Planning and Evaluation*. Evaluation and Program Planning, Vol. 12. (1-16).
- Verberk, M.M. & R.L. Zielhuis (1988). *Giftige stoffen uit het beroep*. Amsterdam, Coronel Laboratorium, Universiteit van Amsterdam.
- Voogt, P. (1994). *Leerplan biologie vwo. Een leerplan of eigenlijk twee?* Bulletin voor Onderwijs in de Biologie. 26, 148, (12-15).
- Waarlo, A.J., H. Roebertsen & B. Campbell (1995). *Students' understanding of how the body copes with harmful substances. A study comparing the prior knowledge of Dutch and UK students*. European Conference on Research in Science Education. Leeds: University of Leeds, 7-11 April 1995, (pp.13).
- Wallace, J. D. & J.J. Mintzes (1990). *The Concept Map as a Research Tool: Exploring Conceptual Change in Biology*. Journal of Research in Science Teaching, 27, 1, (1033-1052).
- White, R. & R. Gunstone (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.
- Wierstra, R.F.A. (1990). *Natuurkunde-onderwijs tussen leefwereld en vakstructuur*. Academisch Proefschrift, Utrecht: CD-8 Press.

Bijlagen

Overzicht van de bijlagen:

Bijlage 1:	Casustoets 2	148
Bijlage 2:	Casustoets 3	150
Bijlage 3:	Delen uit de eerste en de gereviseerde versie van het curriculum 'Alles is giftig?'. 152	
Bijlage 4:	Retentietoets	166
Bijlage 5:	Voorbeelden van conceptmaps	168
Bijlage 6:	Voorbeelden van antwoorden op casustoets 3	172
Bijlage 7:	Overzicht van gemiddelde eindscores	174

Krantartikel uit het Algemeen Dagblad: Nitraat in sinas en cassis light.

Te veel nitraat in cassis en sinas light

AD 6-6-90

Bij een onderzoek naar de kwaliteit van vruchtenlmonades is vastgesteld dat de cassis en 'sinas van Hero en Herschi behoorlijk wat nitraat bevatten. De grootste dosis is gemeenten bij Herschi cassis Light met 24 milligram nitraat per liter. Hero cassis Light bevat 20 mg.

De Consumentenbond wijt dit aan het grondwater in het zuiden van Limburg, dat is vervuild door overbemesting. Voor Schiffer's Food in Hoenbroek is het de belangrijkste grondstof voor de genoemde frisdranken. Het bedrijf onderzoekt in hoeverre het in de toekomst water uit

elgen bron kan gaan gebruiken.

Norm

Als aanbevolen norm voor het nitraatgehalte in leidingwater geldt 50 mg per liter en voor bron- en mineraalwater 45 mg. Overigens is nitraat pas schadelijk als u het in grote hoeveelheden binnenkrijgt. U krijgt dan te maken met het in het lichaam omzetten van deze stof in het giftige nitriet.

Ir. M.J. van Sligt Tans schrijft hierover in zijn boek *Hoe veilig is ons voedsel* onder meer: „Nitriet kan leiden tot ademhalingsmoeilijkheden. Gezonde volwassenen ondervinden daar niet zo

snel hinder van, maar bij zuigelingen tot zes maanden kunnen ernstige ademhalingsmoeilijkheden ontstaan en een blauwe kleur. Bovendien kan nitriet onder bepaalde omstandigheden ook worden omgezet in nitrosaminen, waarvan bij onderzoek bij proefdieren is aangetoond dat ze kankerverwekkend zijn.”

Gemiddeld krijgen we via de voeding 110 à 160 mg per dag binnen. De maximale hoeveelheid die we dagelijks kunnen 'consumeren' zonder dat er nadelige gevolgen voor de gezondheid zijn te verwachten, bedraagt 3,65 mg per kilo lichaamsgewicht (voor iemand van 60 kg is dat dus 220 mg).

Maar hoe dan ook, de Consumentenbond raadt het drinken van de light frisdranken cassis en sinas af. Niet alleen omdat ze vaak vrij veel nitraat bevatten en veelal te weinig vruchtensap, maar ook omdat er kunstmatige zoetstoffen (sacharine en cyclamaat) inzitten.

Vrijwel zonder

Daarentegen bevatten de sinasappellimonades *Gist* (f 1,20), *Chaudfontaine* (f 1,30) en *Bron van Albert Heijn* (f 1,45) voldoende vruchtensap en (vrijwel) geen nitraat. Van de cassissoorten komt *Panta* (f 1,85) er nog het beste vanaf.

C.L.

Opdrachten:

- 1 Lees het krantenartikel goed door.
In de tekst staat dat nitrosamines kankerverwekkend zijn bij proefdieren.
Kun je op grond van deze informatie iets zeggen over de mate waarin deze stoffen voor de mens schadelijk zijn? Licht je antwoord toe.
- 2 Een jongen van 65 kilo krijgt op een dag 180 mg nitraat binnen door het eten van onder andere spinazie.
Kun je met behulp van de gegevens uit het krantenartikel berekenen hoeveel liter cassis light van Hero deze jongen kan drinken zonder dat hij de maximale hoeveelheid overschrijdt die hij per dag mag consumeren zonder schadelijke gevolgen?
Zo ja, maak de berekening.
Zo nee, welke informatie mis je?
3. Voordat je met opdracht 3 begint, krijg je nog wat extra informatie over nitraat.
Nitraat wordt door het speeksel omgezet in nitriet. Zoals in het krantenartikel te lezen is, leidt opname van nitriet tot ademhalingsstoornissen waardoor mensen een blauwe kleur krijgen.
Beschrijf de weg die nitriet in het lichaam kan afleggen, waarbij je uitlegt hoe het komt dat je ademhalingsstoornissen krijgt.
Hint: het heeft iets te maken met rode bloedlichaampjes, net als bij koolmonoxyde vergiftiging.
4. Stel je voor dat je in de redactie van de schoolkrant zit en je moet een artikel schrijven over jongeren die aan sinas en cassis light "verslaafd zijn". Deze jongeren drinken op hete zomerdagen wel 4 liter cassis of sinas light.
Betrek in het artikel de volgende aspecten:
Het drinken van zoveel liter van deze light-produkten is wel/niet schadelijk voor de gezondheid. Licht je antwoord toe.
Leg uit wat er in het lichaam met nitraat kan gebeuren.
Het overschrijden van de ADI voor nitraat is wel/niet gevaarlijk. Licht je antwoord toe.

Casustoets 3

Krantenartikel uit de Volkskrant: Oplosmiddelen Neproma

Oplosmiddel in de longen van omwonenden van Neproma gevonden

Arnhem-Bij de heft van de omwonenden van het vervuilde Neproma-terrein in Arnhem is het oplosmiddel 'PER' in de luchtwegen aangetroffen.

Dit blijkt uit een bevolkingsonderzoek onder 84 omwonenden. Bij de uitademingsproeven zijn concentraties van 0.01 tot 1.5 milligram 'PER' per kubieke meter lucht gevonden. De gemeente Arnhem noemt de resultaten 'niet verontrustend' omdat geen blijvende gezondheidsschade te verwachten zou zijn. Uit proefdierexperimenten is gebleken dat 'PER' in sommige gevallen kankerverwekkend kan zijn.

Uit onderzoek blijkt dat de bewoners meer last hebben van vermoeidheid, concentratieverlies en hoofdpijn dan proefpersonen uit een vergelijkbare controle groep. Volgens de gemeente mag hieruit niet de conclusie worden getrokken dat dit het rechtstreekse gevolg is van de blootstelling aan de oplosmiddelen in de grond onder en rondom de huizen. "Genoemde klachten kunnen eventueel ook het gevolg zijn van factoren als stress en ongerustheid over de lokale situatie" aldus de gemeente.

Op het braakliggende oude industrieterrein aan de Amsterdamsestraatweg heeft een poetsdoekenfabriek van Neproma gestaan. Bij de reiniging van de vakkleding en poetsdoeken werden oplosmiddelen gebruikt. Eerder onderzoek had al aangetoond dat het bedrijfsterrein ernstig vervuild is met oplosmiddelen.

Opdrachten:

- 1 Lees het krantenartikel goed door.
- 2' PER' veroorzaakt vermoeidheid, concentratieverlies en hoofdpijn, beschrijf de weg die 'PER' in het lichaam aflegt.
 Als extra informatie krijg je: 'PER' is een stof die moeilijk door de lever kan worden afgebroken.
 Geef duidelijk aan wat er met 'PER' gebeurt in het lichaam; waar wordt de stof opgenomen, waar komt het in het bloed, etc.
- 3 Stel je voor je bent een arts en moet onderzoeken hoeveel 'PER' de omwonenden van het Neproma terrein in hun lichaam hebben. Welke metingen, anders dan het meten van de uitgedemde lucht, kun je eenvoudig uitvoeren bij een grote groep omwonenden.
- 4' PER' komt soms voor in zuivelprodukten en in vlees. Er is nog geen ADI van 'PER' vastgesteld, maar men is er onderzoek naar aan het doen.
- 4a Leg uit of er volgens jou een verschil is tussen de kans op lichamelijke klachten ten gevolge van blootstelling aan een grote hoeveelheid 'PER' tussen een kleinen dikke man een lange gespierde man die minder weegt dan de kleine dikke man.
- 4b Zou het uitmaken als de twee mannen uit vraag 4a hetzelfde lichaamsgewicht hebben?
- 4c Stel je voor dat de ADI van 'PER' 2 mg/kg lichaamsgewicht is. Een bewoner krijgt op een dag 3 mg/kg lichaamsgewicht 'PER' binnen. Is deze overschrijding van de ADI ernstig of niet. Licht je antwoord toe.
- 5 Schrijf een brief naar de krant naar aanleiding van dit krantenartikel en vermeld daarin of jij van mening bent dat de gemeente de klachten van de bewoners serieus genoeg opneemt of dat de gemeente de zaak te lichtjes op vat.
 Betrek in de deze brief de volgende items:
 -Je weet dat de stof bij muizen carcinogeen is. Zegt dat niets/iets over de mate waarin PER bij mensen carcinogeen is.
 -'PER' is wel/niet schadelijk voor de mens. Licht je antwoord toe.
 -Als je een enkele keer teveel van een stof binnen krijgt, die schadelijk is voor de gezondheid is dat wel/niet schadelijk voor de gezondheid. Licht je antwoord toe.

Delen uit de de eerste versie en uit de gereviseerde versie van het curriculum 'Alles is giftig?'

In deze bijlage worden fragmenten getoond van hoofdstukken uit de beide versies van het curriculum. Hierbij zijn de eerste versie en de tweede versie voor zover mogelijk naast elkaar geplaatst waardoor de verschillen duidelijk worden. Door middel van cursief gedrukte tekst is aangegeven wat de bedoeling van het reviseren van een bepaald fragment was.

De tekst van de twee versies is gecomprimeerd weergegeven.

In de oorspronkelijke tekst van de twee versies zijn andere pagina-indelingen en lettertypen gebruikt.

In de tweede versie is meer aandacht aan de inleiding besteed waardoor de leerlingen een beter beeld krijgen van de bedoeling van het hoofdstuk.

Fragment uit hoofdstuk 2 over lichaamsprocessen.

Eerste versie

2. Het menselijk lichaam: een bunker?

Het menselijk lichaam wordt door de huid beschermd tegen allerlei stoffen uit de omgeving. Toch kunnen er stoffen het lichaam binnenkomen. Dit hoofdstuk gaat over de manieren waarop het lichaam stoffen kan opnemen. Vervolgens wordt gekeken wat er verder in het lichaam gebeurt met de opgenomen stoffen.

2.1. Hoe komen stoffen in het lichaam?

Opdracht 4.

4a. Lees het onderstaande krantartikel.

(Krantartikel Vruchtbaarheid van fruittelers).

4b. In de op één na laatste alinea wordt gesproken over blootstelling aan bestrijdingsmiddelen.

Op welke manier komt het bestrijdingsmiddel in het lichaam van de fruittelers?

Het lichaam wordt in principe door de huid beschermd tegen het binnendringen van stoffen. Toch zijn er enkele stoffen die door de huid opgenomen kunnen worden. De huid heeft namelijk een vetachtig laagje waar de meeste stoffen niet door heen kunnen. Vooral stoffen die in water oplosbaar zijn, kunnen niet door de huid heen. Een stof die in vet oplosbaar is, kan wel door de huid heen gaan. Vandaar dat de zalfjes die je van een arts krijgt, altijd vette smeersels zijn. Als een stof toch door de huid heen getransporteerd is, wordt de stof in het bloed opgenomen. Opname van stoffen via de huid kan min of meer opzettelijk plaatsvinden door zalf en dergelijke. Maar in de meeste gevallen vindt opname van stoffen via de huid echter toevallig plaats, zoals door het werken met chemische stoffen bijvoorbeeld door kapsters als ze het haar van klanten moeten verven of door werknemers in de chemische industrie.

(Plaatje werknemer met handschoenen)

Opdracht 5:

Vroeger wassen veel automonteurs, hun handen met wasbenzine?
Welk risico was daar aan verbonden?

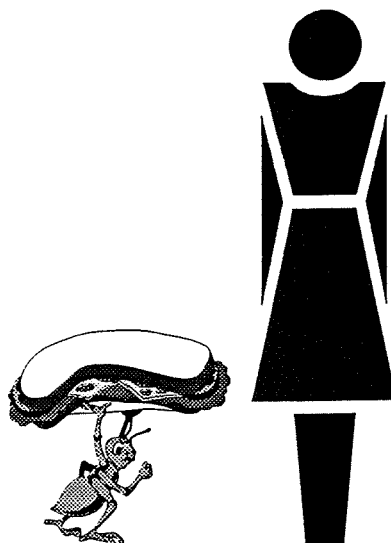
Gereviseerde versie

2. Het menselijk lichaam: een bunker?

*"Hoezo, is het menselijke lichaam een bunker?"
"Een mens eet toch, dus er zit een gat in de bunker?"*

*"Zitten er misschien meer gaten in de bunker, want als ik een zalfje krijg van de dokter dan blijft dat toch niet alleen op mijn vel zitten".
"Welke stoffen gaan er eigenlijk naar binnen?"*

Zoals een bunker soldaten in de oorlog beschermt tegen het binnendringen van kogels en granaten, zo beschermt de huid het menselijk lichaam tegen het binnendringen van allerlei stoffen uit de omgeving, waar mee men in aanraking komt. Net zoals een bunker niet volledig dicht is, kunnen er ook in het lichaam stoffen binnenkomen. In het vorige hoofdstuk is aandacht besteed aan de gezondheidsrisico's van voeding; dus van voedingsstoffen die via de mond en het maagdarmkanaal het lichaam binnen komen. Als je iets eet, wordt dat verteerd door enzymen die door de maag en de darmen worden afgescheiden. Het verteerde voedsel is zo klein dat het door de darmwand heen kan gaan en opgenomen kan worden in het bloed. Naast voedingsstoffen die via de mond worden opgenomen, worden er ook andere stoffen opgenomen. De opname van 'niet-voedingsstoffen' gebeurt niet alleen via de mond maar ook via andere opname-wegen. In de onderstaande opdrachten zullen de verschillende opname-wegen en transportwegen van stoffen, zowel schadelijke als onschadelijke, aan de orde komen.



2.1. Hoe worden stoffen door het lichaam opgenomen en hoe worden ze getransporteerd?

Opdracht 4.

4a. Lees het onderstaande kranteartikel.

(Krantartikel Vruchtbaarheid van fruittelers).

4b. In de op één na laatste alinea wordt gesproken over blootstelling aan bestrijdingsmiddelen. Langs welke weg zou het bestrijdingsmiddel in het lichaam van de fruittelers kunnen komen?

Het lichaam wordt in principe door de huid beschermd tegen het binnendringen van stoffen. De huid is te beschouwen als een vetachtig laagje waar de meeste stoffen niet door heen kunnen. Vooral stoffen die in water oplosbaar zijn, kunnen niet door de huid heen. Stoffen die goed in vet oplosbaar zijn, kunnen wel door de huid heen gaan. Vandaar dat huidcrèmes altijd vette smeersels zijn. Als een vette stof eenmaal de huid gepasseerd is, wordt die stof in het bloed opgenomen. Opname van stoffen via de huid kan opzettelijk plaatsvinden, omdat men dat wenst, zoals bij het gebruik van een dure anti-rimpelcrème. Daarbij hopen vele dames dat er stoffen opgenomen worden die een gladde huid garanderen. Echter, in de meeste gevallen vindt opname van stoffen via de huid toevallig en ongewild plaats, denk hierbij aan het werken met in vet oplosbare stoffen, bijvoorbeeld door kapsters als ze het haar van klanten moeten verven of door werknemers in de chemische industrie.

(Plaatje werknemer met handschoenen)

Opdracht 5:

Vroeger maakten veel automonteurs hun handen met wasbenzine schoon. Welk risico is daar aan verbonden?

Voorbeeld van aanpassing van een opdracht waarbij leerlingen in de gereviseerde versie gestimuleerd worden om na te denken, terwijl ze in de eerste versie eerder met een simpel ja of nee kunnen antwoorden.

Eerste versie

Opdracht uit hoofdstuk 2 lichaamsprocessen, opdracht 7.

- 7a. Lees het onderstaande fragment uit Agatha Christie: Na de begrafenis.

..... Juffrouw Gilchrist zat rechtop in bed. Ze zag er meer dan ellendig uit. Haar gezicht was vertrokken van pijn.
"Juffrouw Gilchrist, wat scheelt eraan bent u ziek?"
"Ja- ik weet niet wat ik heb..." Ze trachtte uit bed op te staan, begon opeens over te geven en viel terug in de kussens. Zacht klagend klonk het: "Roep gauw een dokter ik moet iets verkeerd gegeten hebben..."
"Laat ik u wat dubbelkoolzuursoda geven. Als u dan morgen niet beter bent kunnen we nog altijd de dokter laten komen!"
Juffrouw Gilchrist schudde haar hoofd. "O, nee- laat de dokter dadelijk komen het is zo'n afschuwelijke pijn..."
"Weet u zijn telefoonnummer? Anders kijk ik wel in het boekje"
Juffrouw Gilchrist noemde het nummer, maar kreeg toen meteen weer een nieuwe aanval.....

- 7b. In het fragment staat dat juffrouw Gilchrist denkt dat ze iets verkeeds gegeten heeft. Stel je voor dat dit inderdaad het geval is. Zou ze dan onmiddellijk na het eten van het 'verkeerde voedsel' ziek zijn geworden? Licht je antwoord toe.

Gereviseerde versie

Opdracht uit hoofdstuk 2 lichaamsprocessen, opdracht 7.

- 7a. Lees het onderstaande fragment uit Agatha Christie: Na de begrafenis.

..... Juffrouw Gilchrist zat rechtop in bed. (zie bovenstaande fragment)

- 7b. In het fragment staat dat juffrouw Gilchrist denkt dat ze iets verkeeds gegeten heeft. Stel je voor dat dit inderdaad het geval is.
Hoe ontstaat voedselvergiftiging? En hoeveel tijd zit er tussen het moment van ziek worden en het eten van het voedsel?
- 7c. Als je een ernstige voedselvergiftiging hebt, wordt je maag leeggepompt.
Zijn na het leegpompen van je maag alle stoffen die de klachten veroorzaken uit je lichaam?

In het bovenstaande fragment is het gif arseen gebruikt.

Juffrouw Gilchrist was vergiftigd met arseen dat door haar voedsel was gedaan.

Vroeger werd arseen vaak gebruikt om iemand te vergifigen. Sinds 1870 is men echter in staat om arseenresten op te sporen in het stoffelijk overschot.

Men kan aan de lever zien of iemand overleden is aan een arseenvergiftiging. Arseen wordt ook opgeslagen in de botten en in de haren. Hierdoor kan de doodsoorzaak zelfs jaren na de moord nog worden aangetoond. Zo heeft men enige tijd geleden aan de hand van botten kunnen aantonen dat Napoleon aan een arseen vergiftiging is overleden.

- 7d. Probeer een verklaring te bedenken voor het feit dat arseen dat je via het voedsel opneemt, uiteindelijk in je botten en haren terecht kan komen.

In de gereviseerde versie wordt meer aandacht besteed aan het activeren van voorkennis waardoor leerlingen beter gemotiveerd worden om de informatie die volgt te lezen.

Eerste versie

Deel van een paragraaf uit het hoofdstuk over lichaamsprocessen.

2.3. Verwerking en uitscheiding van stoffen.

Het lichaam kan bepaalde stoffen gebruiken voor groei, beweging en herstel.

Er zijn ook stoffen die het lichaam niet kan gebruiken, maar die niet direct via de ontlasting en de urine het lichaam kunnen verlaten.

Opdracht 11.

Als er schadelijke stoffen in het bloed gekomen zijn, heeft het lichaam een aantal organen die als taak hebben schadelijke stoffen af te breken.

11a. Weet je welke organen hier bedoeld worden?

11b. Weet je welke stoffen ze uitscheiden?

Het lichaam probeert het transport van schadelijke stoffen door het bloed zoveel mogelijk te beperken. De lever en de nier halen schadelijke en onbruikbare stoffen uit het bloed.

*** Wat doet de lever.** (Hierna volgt een informatieve tekst).

Gereviseerde versie

Deel van een paragraaf uit het hoofdstuk over lichaamsprocessen.

2.2 Verwerking en uitscheiding van stoffen.

Als een schadelijke stof in het bloed is opgenomen, hoeft het lichaam daarvan niet onmiddellijk schade te ondervinden. Het lichaam probeert de schadelijke stoffen namelijk zo snel mogelijk onschadelijk te maken en/of te verwijderen. Organen die hierbij een belangrijke rol spelen, zijn de lever en de nieren. De lever breekt stoffen af. De nieren zorgen voornamelijk voor de uitscheiding van stoffen die in water oplosbaar zijn.

Opdracht 10

Hieronder zie je twee verpakkingen A en B van twee soorten snoep afgedrukt. Vergelijk de ingrediënten die op de verpakking staan vermeld.

Is er volgens jou een verschil in effect van de beide snoepsoorten op de gezondheid?

(plaatjes van verpakkingen)

Opdracht 11.

In onderstaande tabel staat een aantal beweringen die betrekking hebben op de werking van de nieren en van de lever. Geef bij elke opmerking aan of je het eens of oneens bent met de opmerking. Je kunt ook aangeven of je twijfelt of het niet weet.

Bewering:	eens	oneens	twijfel	weet niet
De lever kan alle natuurlijke stoffen afbreken.				

De lever kan natuurlijke stoffen beter afbreken dan chemische stoffen.				
Vetoplosbare stoffen worden door de lever uitgescheiden en wateroplosbare stoffen door de nieren.				
Stoffen die door de nieren worden uitgescheiden komen in de urine of in de ontlasting terecht.				

Ruimte voor aantekeningen:

Nieuwe opdrachten uit de gereviseerde versie waardoor leerlingen zelf over de factor tijd nadenken

Gereviseerde versie

Opdracht toegevoegd aan Hoofdstuk 3: Dosis-effect relaties

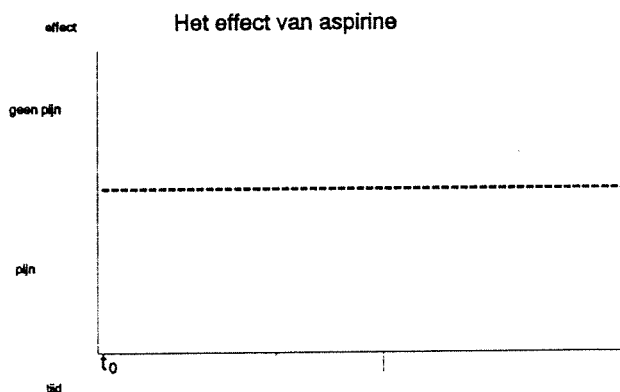
Opdracht 20.

Stel je voor: je komt uit school en hebt ontzettende hoofdpijn van alle biologielessen die je gevolgd hebt.

Eigenlijk zou je in bed moeten gaan liggen, maar je hebt een belangrijke afspraak die je niet kunt missen.

Uit nood neem je een aspirine in.

20a. Je neemt de aspirine in op het tijdstip t_0 . Teken hieronder de grafiek waarin je het effect van de aspirine uitzet tegen de tijd.



20b. Teken nog een grafiek waarin je het effect van aspirine tegen de tijd uitzet als iemand op het tijdstip t_0 twee aspirines inneemt.
Teken in dezelfde grafiek een curve van iemand die op t_0 vier aspirines inneemt.

20c. Licht de grafieken uit opdracht 20a. en 20b. toe (waarom heb je een bepaalde vorm van de curve gekozen).

Voorbeeld van samenvoegen van losse opdrachten waardoor minder versnippering ontstaat, waarbij de opdrachten tevens geherformuleerd zijn.

Eerste versie

Uit hoofdstuk Dosis–effect relaties. Opdracht: 22, 23 en 24.

De hoeveelheid nitraat die in een bepaalde groente zit, is niet altijd dezelfde. Groente die op zwaar bemeste grond verbouwd is, bevat meer nitraat dan groente die op licht bemeste grond is verbouwd.

Je ziet hieronder een lijst met de meest bekende nitraat bevattende groenten. Achter elke groente staat de hoeveelheid nitraat aangegeven die er maximaal in mag zitten. Bij deze opdracht gaan we ervan uit dat alle groenten deze maximum hoeveelheid bevatten.

Groente	Nitraatgehalte in mg/kg	Hoeveelheid die 1 persoon gemiddeld eet
Andijvie	2310	500 gram
Bleekselderij	1860	250 gram
Rode bietjes	490	250 gram
Raapstelen	9980	500 gram
Spinazie	4110	500 gram

22a. Stel je voor: iemand weegt 70 kilo en heeft het volgende weekmenu:

- Maandag: andijvie met aardappelen en gehakt.
- Dinsdag: bleekselderij met aardappelpuree en kip.
- Woensdag: rode bietjes met appelmoes, notengehakt en aardappelen.
- Donderdag: raapstelen met kaassaus en aardappelen.
- Vrijdag: spinazie met champignon omelet en zilvervliesrijst.
- Zaterdag: pannekoeken.
- Zondag: pizza.

Op welke dagen van de week overschrijdt de persoon de ADI voor nitraat?

22b. Hoeveel rode bietjes kun je zelf per dag eten zonder enig risico?

Het menu dat in vraag 22a. is samengesteld, is wel extreem. Het zal niet vaak voorkomen dat je in één week alleen groenten eet die nitraat bevatten.

Je hebt gezien dat de ADI weleens overschreden wordt. Maar als dat zo nu en dan gebeurt is dat niet erg. In opdracht 22 is uitgegaan van de maximaal toegestane hoeveelheden nitraat in de verschillende groenten. Waarschijnlijk eet je heel vaak groenten waarin minder nitraat zit dan in de tabel staat aangegeven.

Opdracht 23.

In de bovenstaande tekst wordt gesproken over de "maximaal toelaatbare hoeveelheid" nitraat. Wat wordt daarmee bedoeld?

Het dagelijks overschrijden van de ADI van nitraat kan leiden tot benauwdheid en tot een verhoogde kans op kanker. Baby's worden eerder ziek van het eten van groenten met een te hoog gehalte aan nitraat dan volwassenen.

Opdracht 24.

Hoe komt het dat baby's gevoeliger zijn voor nitraat dan volwassenen.

Nitraat is een stof die van nature in verschillende groenten voorkomt en die ook in het drinkwater aanwezig kan zijn. Nitraat zelf heeft niet zoveel schadelijke effecten. Het probleem met nitraat is dat het door bepaalde enzymen omgezet wordt in nitriet. Nitriet is een stof die ervoor kan zorgen dat het bloed geen zuurstof kan binden. Bovendien kan nitriet in het lichaam omgezet worden in nitrosaminen. Nitrosaminen zijn kankerverwekkend.



Gereviseerde versie

Uit hoofdstuk Dosis-effect relaties. Opdrachten 22, 23 en 24 zijn vervangen door opdracht 25.

Opdracht 25.

Je ziet hier een lijst met een aantal levensmiddelen. Bij elk van de produkten staat aangegeven hoeveel nitraat de produkten kunnen bevatten. De hoogste waarden die genoemd zijn, zijn waarden die wel in praktijk voorkomen, maar gelukkig niet zo vaak.

Groente	Nitraatgehalte in mg/kg	Hoeveelheid die 1 persoon gemiddeld eet
Andijvie	100 – 2310	500 gram
Kaas	0–50	100 gram
aardappel	10–380	250 gram
vlees	0–500	100 gram
spinazie	100 – 4110	500 gram

- 25a. Stel je voor: iemand weegt 70 kilo en eet op een dag andijviestamppot met kaas in de aangegeven hoeveelheden en neemt daarbij een stukje rundvlees van een ons.
Reken uit of deze persoon door het eten van deze maaltijd de ADI voor nitraat wel of niet overschrijdt.

Ga bij het berekenen uit van de hoeveelheden die aangegeven staan in de bovenstaande tabel, neem voor de hoeveelheid nitraat die in een voedingsmiddel zit de gemiddeld waarde. De ADI voor nitraat is 3,6 milligram per kilogram per dag.

Je hebt gezien dat de ADI weleens overschreden wordt. In de vorige opgaven zijn de nitraat waarden die bij de produkten vermeld staan aan de hoge kant. In praktijk zal het zo zijn dat je in de zomer andijvie eet die heel weinig nitraat bevat. In de winter heb je kans dat je andijvie eet die veel nitraat bevat. Ook bij produkten als kaas en aardappelen varieert de hoeveelheid nitraat sterk.

- 25b. Als iemand gemiddeld eens per twee weken de ADI van nitraat overschrijdt is dat wel/niet erg. Licht je antwoord toe.
- 25c. In Olvarit babyvoeding zit spinazie die speciaal voor deze fabriek verbouwd wordt. Waarom zou dat zijn?

In de gereviseerde versie wordt de lesstof verlevendigd door het toevoegen van een opdracht naar aanleiding van een videoband. De leerlingen worden door de opdrachten gestimuleerd om na te denken over de betekenis van normen en zullen gericht en met meer interesse de informatie die volgt lezen.

Eerste versie

Hoofdstuk 4 inleidende deel

4. Normen.

Opdracht 26.

Wat betekent het woord 'norm'?

Naast de ADI zijn er nog andere voorschriften die te maken hebben met de toelaatbaarheid van stoffen in de samenleving. Al deze voorschriften samen noemen we toxicologische normen. Ze geven aan hoeveel er van een stof voor mag komen in de lucht, in het voedsel of in het water.

De normen worden vastgesteld door de overheid.

Voordat de overheid zo'n voorschrift kan opstellen moet zij eerst informatie hebben over de schadelijkheid en de werking van een stof.

Deze informatie krijgt zij van deskundigen, toxicologen, die stoffen onderzoeken.

4.1. Hoe verloopt een toxicologische onderzoek?

Opdracht 27:

Deze opdracht gaan we klassikaal maken.

Stel je voor: een fabrikant van Smarties heeft bedacht dat roze smarties voor kleine kinderen aanlokkelijk zijn. Hij heeft een nieuwe kleurstof laten ontwikkelen, die we E-999 noemen. Jij krijgt van de overheid de opdracht om uit te zoeken of deze stof geen schadelijke effecten heeft voor de gezondheid van degenen die de roze Smarties eten. Bedenk hoe je deze opdracht zou aanpakken.



- 27a. Hoe kun je onderzoeken of een stof schadelijk is?
- 27b. Hoeveel moet je iemand van een dergelijke stof laten eten?
- 27c. Hoeveel dagen/weken zou iemand regelmatig van die stof moeten eten, voordat je kunt zeggen dat er geen effect is na langere tijd?
- 27d. Stel voor je hebt onderzoek gedaan en je hebt ontdekt dat een rat na het eten van 1000 roze smarties per dag last krijgt van haaruitval, terwijl hij daar bij het eten van 800 smarties per dag geen last van heeft. Kun je dan zeggen dat de mens in ieder geval per dag 800 smarties zou kunnen eten zonder last te krijgen van haaruitval?

De informatie die tijdens de klassikale behandeling van opdracht 27 aan de orde is geweest, kun je op pagina 28 en 29 nog eens nalezen.

4.1 Toxicologisch onderzoek (informatie tekst volgt).

Gereviseerde versie Hoofdstuk 4 inleidende deel

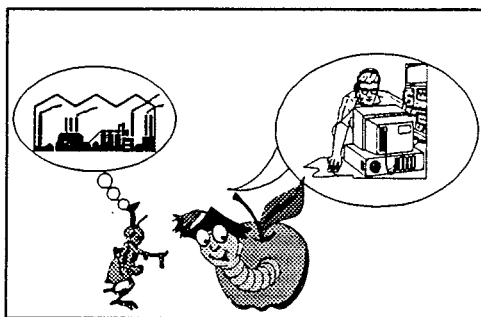
4. Normen.

"Hoe berekenen ze advieswaarden eigenlijk?"

"Worden ze eigenlijk wel berekend?"

"Wat doen de onderzoekers met de resultaten van die dierproeven?"

"Hoe zit het met de rol van de industrie, bij het bepalen van een advieswaarde?"



In de wetgeving in Nederland wordt gewerkt met advieswaarden zoals ADI en met wettelijke normen. Een voorbeeld van een wettelijke norm is de geluidsnorm, die aangeeft hoeveel lawaai binnen een fabriekshal nog tolerabel is zonder dat de werknemers gezondheidsschade oplopen. In praktijk is er weinig verschil in de manier waarop met een wettelijke norm wordt omgegaan en de manier waarop met een advieswaarde wordt omgegaan. Ook de manier waarop een advieswaarde en een norm tot stand komen verschilt weinig. In de loop van dit hoofdstuk zal worden uitgelegd hoe advieswaarden tot stand komen, omdat deze in de praktijk het meest gebruikt worden. De eerste stap in de totstandkoming van een advieswaarde is het doen van onderzoek.

Opdracht 27.

Bekijk de videoband over het gebruik van proefdieren en beantwoord daarna de volgende vragen.

27a. Waarom gebruikt men voor dierexperimenten vaak ratten en muizen?

27b. Het werken met alternatieven voor dierexperimenten, zoals het gebruik van de koeieogen, is een goede zaak. Zitten er ook nadelen aan?

Opdracht 28:

Deze opdracht wordt in een groep gemaakt.

Stel je voor: de fabrikant van Smarties heeft gemerkt dat roze smarties voor kleine kinderen aantrekkelijk zijn. Hij heeft een nieuwe kleurstof laten ontwikkelen, die we E-999 noemen. Jij krijgt van de overheid de opdracht om uit te zoeken of deze stof schadelijke effecten heeft voor de gezondheid van degenen die de roze Smarties eten.

Bedenk hoe je deze opdracht zou aanpakken.

28a. Wat voor dierproeven zou je kunnen doen? Hoeveel dieren of alternatieven gebruik je?

Welke hoeveelheden van E-999 ga je uittesten? Hoe kun je onderzoeken of een stof schadelijk is?

- 28b. Hoeveel dagen/weken zou een dier regelmatig van die stof moeten eten, voordat je kunt zeggen dat er op den duur geen schadelijk effect is? Licht je antwoord toe.
- 28c. Stel je voor dat je door onderzoek ontdekt hebt dat een rat na het eten van 100 roze smarties per dag last krijgt van haaruitval terwijl hij daar bij het eten van 80 smarties per dag geen last van heeft. Kun je dan zeggen dat de mens in ieder geval per dag 80 smarties zou kunnen eten zonder last te krijgen van haaruitval? Licht je antwoord toe
- 28d. Hoe zou je er voor kunnen zorgen dat de uitkomst van je onderzoek zo veilig is dat je bijna zeker weet dat niemand kans heeft op schadelijke gevolgen? Dus je hebt gevonden dat er bij ratten bij het eten van 100 smarties per dag haaruitval optreedt, welk aantal smarties lijkt je voor de mens zeker veilig. Licht je antwoord toe.

4.1 Toxicologisch onderzoek (informatie tekst volgt).

Retentie toets

Uit een krant 25-06-92

Consumentenbond vindt teveel sulfiet in droge witte wijn

Van onze verslaggever

Amsterdam - Een aantal soorten witte wijn bevat meer sulfiet dan is toegestaan. De Consumentenbond die deze overtredingen constateerde na analyse van 45 wijnen uit Europa, Zuid-Amerika en Australië heeft dit gemeld aan de Keuringsdienst van Waren.

De Consumentengids, die woensdag de resultaten van het onderzoek publiceerde, somt de wijnsoorten op die meer dan de wettelijke toegestane hoeveelheid van 210 milligram sulfiet per liter bleken te bevatten. Bij de wijnen uit Frankrijk gaat het onder andere om Bon-liter en Caveau blanc de blanc.

Sulfiet wordt door de wijnproducenten als conserveringsmiddel gebruikt om bederf tegen te gaan en om rijping te bevorderen. Sulfiet kan in bepaalde gevallen hoofdpijn veroorzaken en kan bij ratten kankerverwekkend zijn.

De Consumentenbond vindt dat de wettelijke grens aan de hoge kant is. De organisatie wil dat de grens aangescherpt wordt naar 125 milligram sulfiet per liter. Zelfs dan kan men door het drinken van enkele glazen wijn de ADI van 0.7 milligram per kilogram lichaamsgewicht overschrijden.

Opdracht:

Lees het artikel uit de krant goed door en beantwoord de volgende vragen.

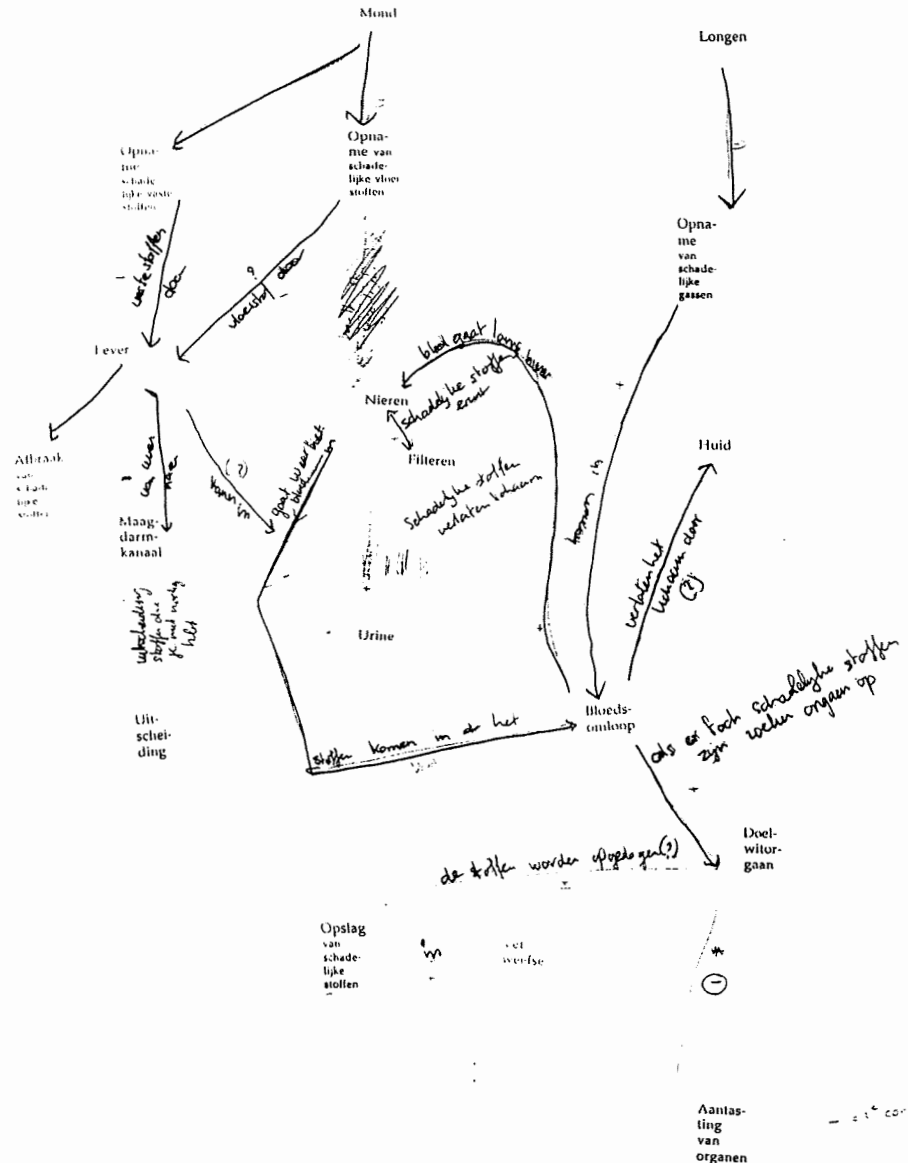
- 1 In het krantenartikel staat dat sulfiet kankerwekkend kan zijn bij ratten.
Kun je op grond daarvan zeggen of sulfiet schadelijk is voor de mens. Licht je antwoord toe.
- 2a De ADI is (als je dat niet weet) een norm die aangeeft hoeveel je van een bepaalde stof per kilogram lichaamsgewicht binnen mag krijgen (op grond van levenslange blootstelling) zonder dat er schadelijke effecten optreden.
Een man van 70 kilo drinkt 1 glas van een wijnsoort die 150 milligram sulfiet per liter bevat. Hij krijgt daardoor 30 milligram sulfiet binnen.
Ga na of de man door het drinken van 2 glazen wijn de ADI voor sulfiet overschrijdt. Laat zien hoe je dat berekend hebt.
- 2b Is het schadelijk voor de man als hij op een dag 3 glazen wijn drinkt en daardoor de ADI van sulfiet overschrijdt?. Licht je antwoord toe.
- 3 Beschrijf de weg die sulfiet door het lichaam aflegt. Geef aan wat er onderweg met de stof gebeurt.
- 4 Stel je de volgende situatie voor. Als lid van de LSD- commissie (Laatste School-Dag-commissie) weet je dat er voor het eindexamen-feest wijn van het merk Bon-liter gekocht is (deze bevat 210 milligram sulfiet per liter). Het gerucht doet de ronde dat deze wijn vreselijke hoofdpijn en ziekte verschijnselen veroorzaakt.

Om over deze zaak helderheid te verschaffen besluit je een ingezonden brief naar de schoolkrant te sturen.

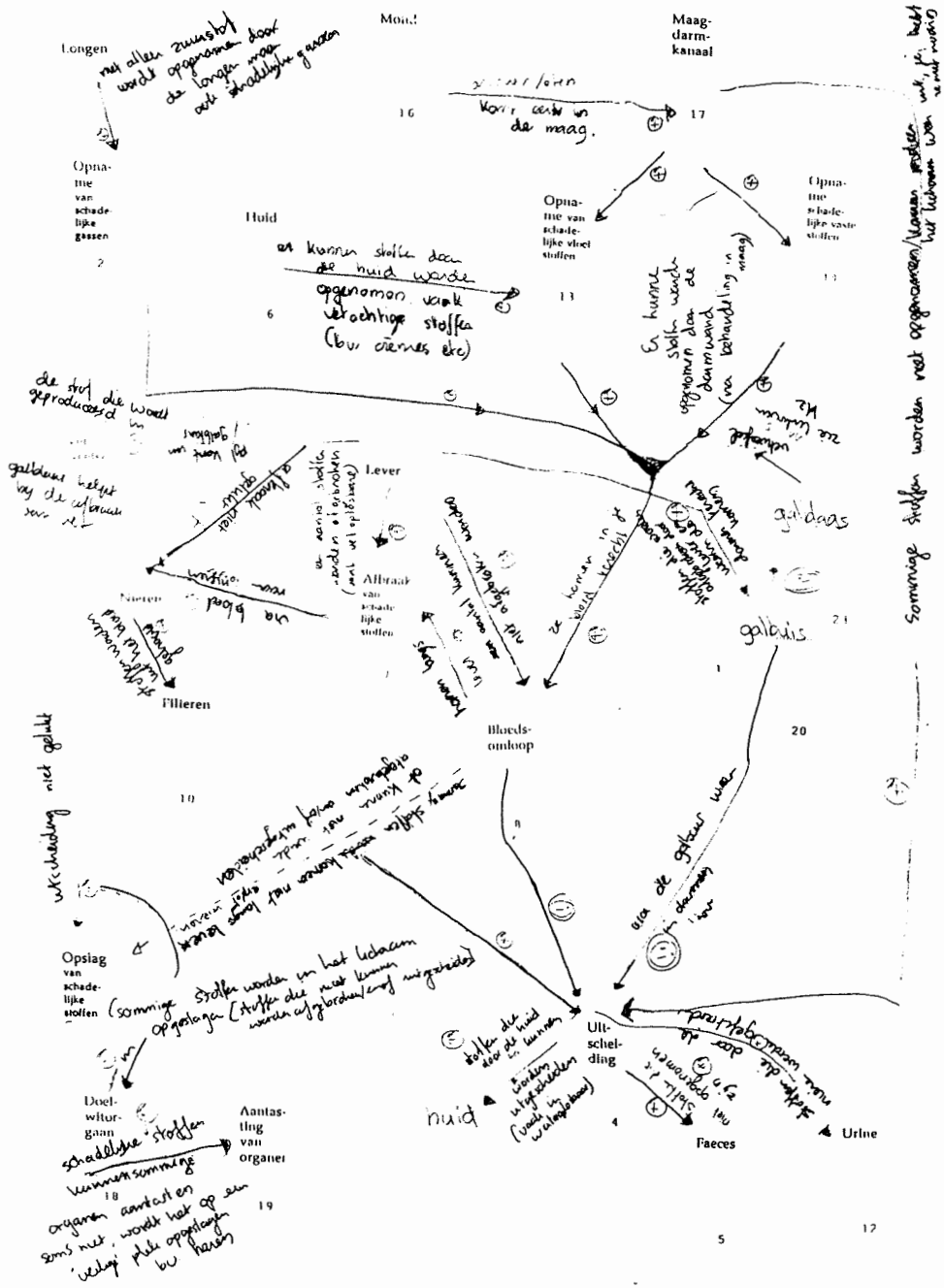
Schrijf deze brief en betrek in je antwoord de volgende punten:

- Het drinken van twee glazen wijn op een feest is wel/niet slecht voor de gezondheid.
- Als je de ADI voor sulfiet een enkele keer overschrijdt is dat wel/niet schadelijk voor de gezondheid (geef hierbij een toelichting).
- Het gegeven dat sulfiet kankerverwekkend is bij ratten zegt niets/iets over de schadelijkheid van de stof voor de mens (licht dit toe).

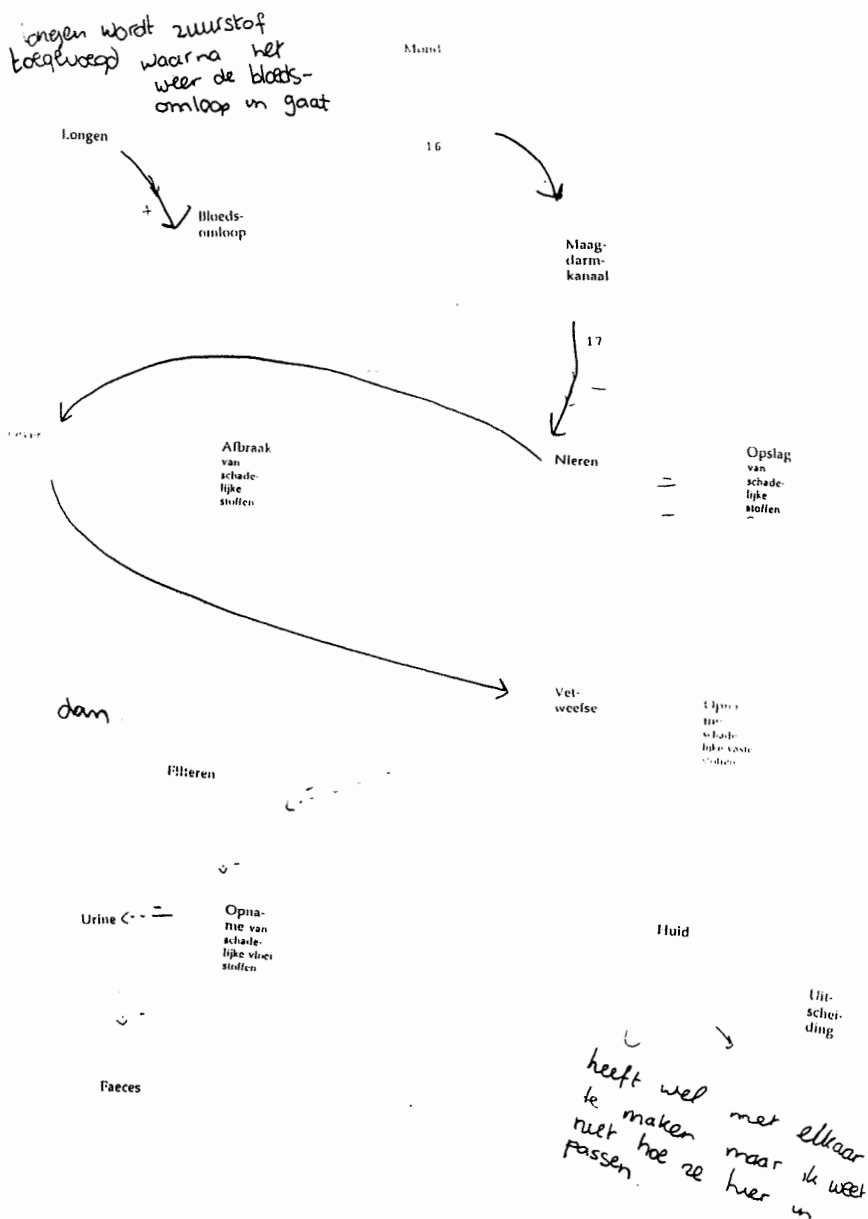
Voorbeeld van leerling 6 (uit de hoog scorende groep) eerste conceptmap



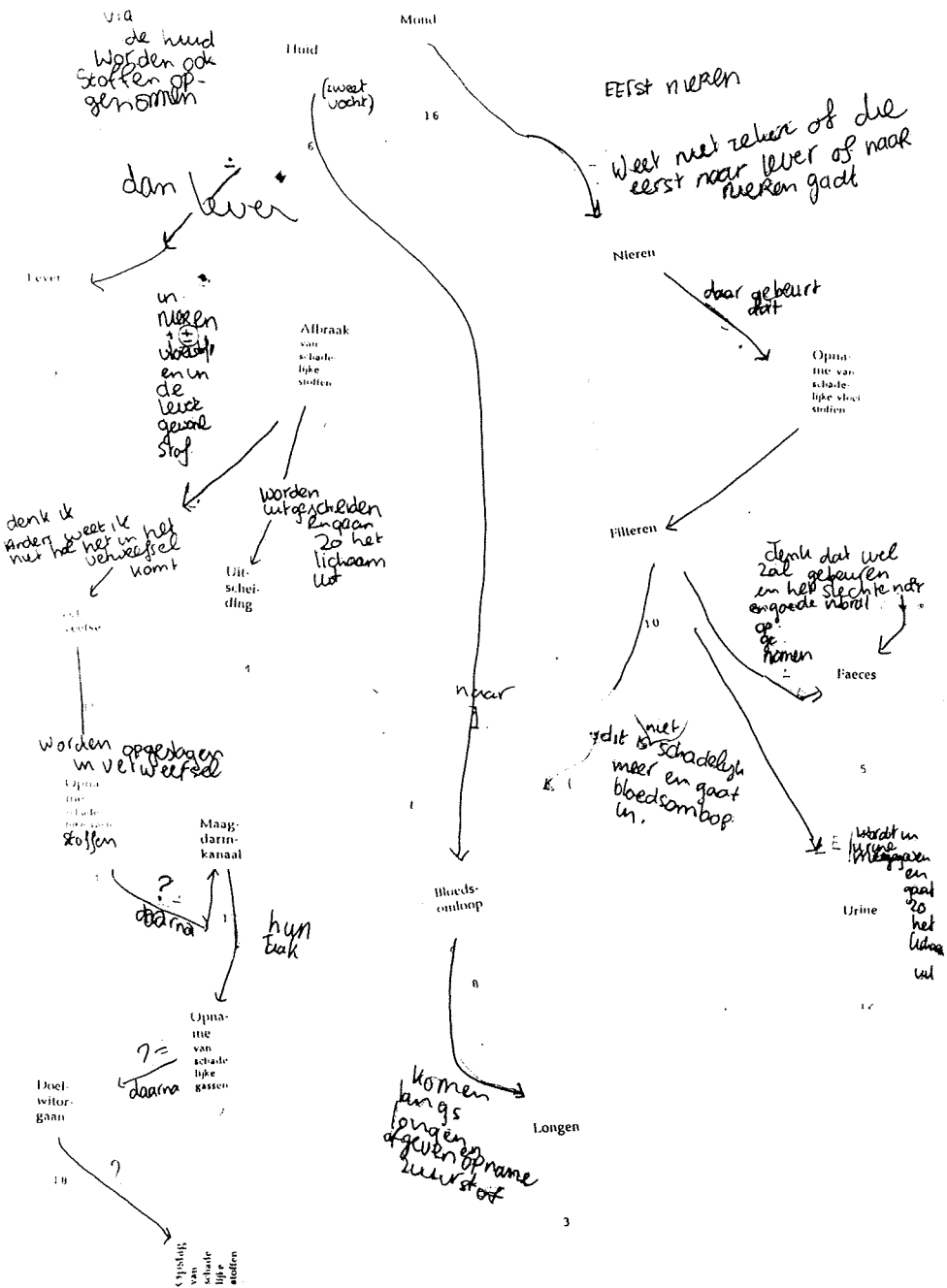
Voorbeeld van leerling 6 (uit de hoog scorende groep) tweede conceptmap



Voorbeeld van leerling 26 (uit de laag scorende groep) eerste conceptmap



Voorbeeld van leerling 26 (uit de laag scorende groep) tweede conceptmap



Antwoorden op opdrachten van casustoets 3 van leerling 13

1 leuk

2 Per wordt waarschijnlijk door de longen ingeademd en in de longen wordt het aan de bloedsomloop afgegeven, vervolgens gaat het via het de bloedsomloop het lichaam door. Als het langs de lever komt zal het deze proberen af te breken. Aangezien dit blijkbaar niet het geval is blijft het in het de bloedsomloop zitten en als de nieren er ook niets mee kunnen komt het door de hersenen die er door worden aangetast, gevolg: vermoeidheid en concentratie verlies.

3 De aanwezige hoeveelheid PER per milliliter bloed.

4a Een dikke man zal er denk ik minder last van hebben want die heeft meer kilogram lichaamsgewicht dan de lange gespierde man.

4b Ja, want een ADI hangt af van de kilogram lichaamsgewicht, dus als ze even zwaar zouden zijn, dan maakt het niet zoveel uit.

4c Er zit in de ADI een veiligheidsfactor 100 dus het is niet erg als je de ADI een keer overschrijdt. De ADI is ook berekend over een lange periode van blootstelling

5 Beste, Muppets

Ik ben van mening dat de gemeente de zaak niet serieus genoeg neemt omdat gebleken is dat de stof PER bij muizen kankerverwekkend is. De gemeente heeft uit de onderzoeken misschien wel goede conclusies getrokken voor deze concentraties PER, maar aangezien die mensen daar wonen en dus dag in dag uit zijn blootgesteld aan PER kan dit zeker op de lange termijn gevaarlijk zijn.

Ik denk trouwens dat de aanwezige concentraties wel gevolgen hebben, want dat alle omwonenden door stress en ongerustheid over de lokale situatie die klachten krijgen, vind ik niet echt geloofwaardig. Verder ben ik van mening dat de gemeente het braakliggende terrein moet afgraven.

De groeten,

Felix Knarf

Antwoorden op opdrachten van casustoets 3 van leerling 20

1 -

2 Mond → longen → bloedsomloop → hersenen → lever → nieren → urine

3 Een bloedtest, kijken of het oplosmiddel in het bloed zit en hoeveel.

4a Ja: Het ADI gaat per mg/kg lichaamsgewicht, de dikke man weegt zwaarder, dus hij heeft meer lichaamsgewicht dan de lange man. Als ze allebei de zelfde hoeveelheid binnen krijgen zal de lange man eerder kans hebben op lichamelijke klachten.

4b Nee, als ze dan dezelfde hoeveelheid binnen zouden krijgen, zouden ze evenveel mg/kg lichaamsgewicht binnen krijgen

4c Nee het ADI heeft een veiligheidsfactor van circa 100. Als het alleen om een dag gaat is het niet erg. Als ze bijvoorbeeld een jaar lang elke dag 3 mg/kg lichaamsgewicht binnen krijgt, kan het wel ernstig zijn.

5 Redactie

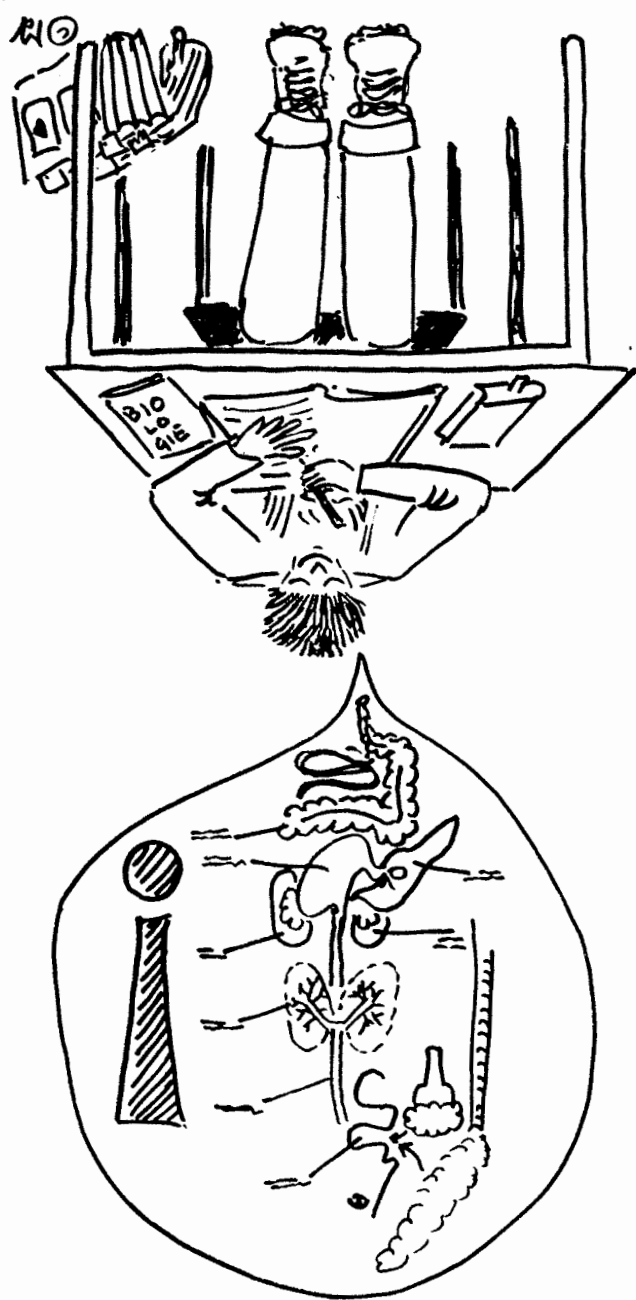
Ik reageer in deze brief op het artikel 'oplosmiddel in longen van omwonenden'. Ik vind dat de gemeente deze klachten serieuzer moet nemen. Er is vergeleken met andere proefpersonen van een vergelijkbare controle groep. De omwonende mensen hebben meer last van vermoeidheid, concentratielast en hoofdpijn, dit zal zeker geen toeval zijn. Het oplosmiddel PER zal volgens mij toch een van de veroorzakers zijn. Het is aangetoond dat PER bij muizen carcinogeen is, dit is verontrustend, want bij mensen heb je gokkans dat het dan ook carcinogeen is als je teveel van het oplosmiddel binnen krijgt. Volgens mij is PER schadelijk voor de mens, het oplosmiddel wordt in het bloed opgenomen en passeert de hersenen waar het waarschijnlijk de klachten veroorzaakt. Als je een keertje teveel van PER binnen krijgt is het niet schadelijk, maar wie weet hoe lang die mensen die stof al binnen krijgen.

Ik vind dat de gemeente de klachten toch serieuzer moet nemen.

Groeten, Knarf

Bijlage 7**Overzicht van gemiddelde eindscores per casustoets per leerling.**

leerling	casustoets 1	casustoets 2	casustoets 3	casustoets 4
5	1.8		2.3	2.3
6	1.8	3	2.5	2.2
7	1.7	3	2.3	2.2
8	1.6	2.7	2.4	2.3
9	2.6	2.5	2	2.6
11	2		2.6	2.6
12	1.3		1.4	1.7
13	1.7		2.8	1.7
14	1.4		2.1	1.7
16	2	2.3	2.3	3
19	1.3	3	2.1	2.5
20	1.6		2.8	2.4
21	2.4	1	1.9	1.3
22	2		2.3	2.8
23	2.3	2.6	2.4	2.7
24	1.3	3	2.5	2.6
26	2	1.3	2.4	1.6
27	1.8	2.8	2.2	2
28	1.8	2.3	2.5	2
29	1.8	2.5	2.3	2.3
30	1.4	2.8	2.6	1.7
31	1.4	2.5	1.9	2
32	2	2.2	2.3	1.7
33	2	2	2.6	1.7
35	1		2.6	2.3
36	1	1.3	2.3	2
37	2.2	2.6	1.7	1.7
38	2	2.8	2.6	2.6



Dankwoord

De vakgroep Didactiek van de Biologie had tot aan het eind van de jaren 80 nog geen onderzoekstraditie en was geheel gericht op het verzorgen van opleidingen. Peter Voogt, heeft met zijn komst als hoogleraar in 1986 het onderzoek een belangrijke impuls gegeven. Tijdens mijn onderzoek heeft hij zich verder ingezet om het onderzoek binnen de vakgroep te stimuleren. Hij toonde zich een betrokken, accurate en stimulerende promotor, waarvoor ik hem zeer erkentelijk ben. Mijn co-promotor Arend Jan Waarlo bedank ik voor de zeer prettige en inspirerende samenwerking.

Tijdens mijn onderzoek heb ik intensief samengewerkt met Fred Janssen en Fred Pruis. Fred Janssen wil ik bedanken voor zijn stimulerende en motiverende ideeën en vriendschap. Fred Pruis voor de enthousiaste manier waarop hij heeft meegedacht en meegewerkt en voor het beschikbaar stellen van lessen.

Daarnaast wil ik de volgende collega's bedanken voor hun aandeel in mijn onderzoek:

Rob Soekarjo voor zijn optreden als tweede beoordelaar;

Marjolein de Vries voor het uittypen van de vele cassettebandjes en voor haar tekeningen aan het begin en het eind van dit proefschrift;

Cees Loffeld voor het herhaaldelijk kopiëren van het lesmateriaal en Frits Pater voor de technische ondersteuning.

Mieke Brekelmans wil ik bedanken voor haar adviezen bij het analyseren van de gegevens.

Marjolein Kortbeek-Smithuis bedank ik voor het vormgeven van mijn proefschrift.

Eveneens wil ik de volgende studenten bedanken die mij dwongen mijn eigen ideeën aan te scherpen: Marriëlle Hodzelmans, Irma van Dijk en May Wing.

Lies Roeleveld bedank ik voor het corrigeren van mijn proefschrift op taalfouten.

Mijn schoonzus, Kate Claessens ben ik dankbaar voor haar hulp bij het maken van de engelse samenvatting.

Dankwoord

De volgende collega's van het Centrum voor Wiskunde en Natuurwetenschappen ben ik erkentelijk voor hun belangstelling: Jan Broertjes, Joop Buddingh', Kees van Driel, Zolikhha Akchich, Daan van Weelie, Jeanine Acampo, Berry van Berkel, Adri Verdonk, Riet Leewis, Wobbe de Vos, Thom Somers, Onno de Jong, Geeske van Hoeve-Brouwer, Joke van Aalsvoort, Peter van Roon, Kees Klaassen, Marjolein Vollebregt, Harry Eykelhof, Huib Wouterse en Maaïke Fennis.

In het bijzonder wil ik Domien bedanken voor zijn steun en hulp, variërend van het lezen van teksten tot het op zich nemen van een leeuwendeel van de zorg voor onze dochter Sanne. Haar aanwezigheid relativeerde regelmatig de stress van het schrijven van een proefschrift.

Curriculum Vitae

Herma Roebertsen werd op 23 september 1960 geboren in Zwolle. Zij behaalde het diploma HAVO in 1977 aan het Meander College te Zwolle. In hetzelfde jaar begon zij met de tweede-graadslerarenopleidingen biologie en gezondheidskunde aan de SOL (Nieuwe Leraren Opleiding) te Utrecht. In 1982 behaalde zij de tweede-graads lesbevoegdheid voor beide vakken. Aansluitend heeft zij haar biologie studie vervolgd aan de Universiteit Utrecht, met als hoofdvak Botanische oecologie en als bijvakken Toxicologie en Milieukunde. In 1986 legde zij het doctoraal examen af, waarbij zij tevens haar eerste graads lesbevoegdheid behaalde. Vervolgens werkte zij een jaar als vrijwilligster bij de Stichting Milieu Educatie en gaf parttime les op het Koningin Wilhelmina College in Culemborg. Van eind 1987 tot half 1988 volgde zij de cursus Intermediair-informatica. Hierna heeft zij tot april 1990 gewerkt als ontwikkelaar van courseware bij CAV-Campus in Amsterdam. In 1990 is zij als AIO in dienst getreden van de Faculteit Biologie van de Universiteit Utrecht. Bij de vakgroep Didactiek van de Biologie is het onderzoek verricht waarvan in dit proefschrift verslag wordt gedaan. In september 1996 trad zij als toegevoegd onderzoeker in tijdelijke dienst bij de Wetenschapswinkel Biologie van de Universiteit Utrecht.