

SONaTe in het buitenland

Voorbeelden samenhangend onderwijs natuur en techniek

Druk: DHV Drukkers, Nijmegen
Omslag: DHV Drukkers
Foto omslag: Marc de Haan/Hollandse Hoogte

mei 2003

Auteurs:

M.P. van Engelen
K.Th. Boersma
H.M.C. Eijkelhof

In opdracht van:

Stichting Axis
Postbus 5105
2600 GC Delft
tel (015) 219 14 61
fax (015) 219 14 84
info@kennisbanktechniek.nl
www.kennisbanktechniek.nl

ISBN 90-5861-018-7

Voorwoord

Axis is opgericht om de instroom in bèta/technische opleidingen en beroepen op alle niveau's te vergroten. Vanuit deze opdracht zet Axis zich in voor een versterking van de waardering voor praktische/technische vaardigheden in het primair onderwijs, betere keuzeprocessen in het beroepsonderwijs met -via herontwerp- meer nadruk op interdisciplinaire competenties in het techniekonderwijs en verbetering van de doorstroming en intake bij de arbeidsmarktintrede.

Ook in het voorgezet onderwijs is het zaak de keuzeprocessen van jongeren beter te ondersteunen. Uit onderzoek van Axis blijkt dat bij de keuze voor vervolgonderwijs veel jongeren die wél een potentieel voor bèta/techniek hebben, afhaken omdat ze een zeer smal beeld ervan hebben. Ze hebben met name het beeld dat bèta/techniek opleidt tot onderzoeker of voor maakberoepen. Dit terwijl bèta/techniek meer en meer verbonden is met bijvoorbeeld gezondheidszorg of handel.

Dit beeld kan gecorrigeerd worden door jongeren te laten kennismaken met samenhangende maatschappelijk relevante vraagstukken en dilemma's. Door het onderwijs op deze wijze meer aan te laten sluiten op de leerervaringen die jongeren buitenschools hebben, zijn naar onze mening meer jongeren te trekken voor bèta/techniek. Op basis van zo'n oriëntatie kunnen zij vervolgens ook een meer gefundeerde keuze maken (breed of smal) voor vervolgonderwijs en zien zij beter dat bèta/techniekcompetenties in vele contexten, en niet alleen in de traditionele harde bèta/techniek, vereist zijn.

Vanuit deze visie heeft Axis gezocht naar manieren om het onderwijs in de exacte vakken anders aan te bieden. In oktober 2001 verscheen reeds "Ruimte voor SONaTe", waarin de in de basisvorming in Nederland naar voorbeelden voor samenhangend onderwijs werd gezocht. De publicatie "SONaTe in het studiehuis" volgde in november 2002.

Nu richten we onze blik over de grenzen: hoe wordt in het buitenland gewerkt met samenhang van de exacte vakken in het voortgezet onderwijs? Op dit moment is ook de publicatie "SONaTe in lesmateriaal" in voorbereiding, waarin in Nederland en in het buitenland naar samenhang in exact lesmateriaal wordt gezocht.

Wij hopen dat dit rapport kan dienen als een bron van inspiratie bij de discussie over hoe de exacte vakken in het algemeen vormend onderwijs aantrekkelijk kunnen worden gepositioneerd, gebruikmakend van voorbeelden uit het buitenland. Zonder dat daarbij de leerlingen overspoeld worden met teveel vakken (en docenten) en waarbij aan onderwijsinstellingen de ruimte wordt gelaten om hun eigen inzichten over aantrekkelijk samenhangend onderwijs te hanteren.

Willem van Oosterom
directeur Axis

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Visie en aanleiding van het SONaTe project | 7 |
| 2 | Opzet van het onderzoek | 9 |
| | 2.1 Inleiding | 9 |
| | 2.2 Onderzoeksvragen | 10 |
| | 2.3 Selectie van landen | 10 |
| | 2.4 Analysemethode en rapportage | 11 |
| 3 | Natuur- en techniekonderwijs in Schotland (Environmental Studies) | 13 |
| | 3.1 Inleiding | 13 |
| | 3.2 De structuur van de domeinen Science en Technology | 14 |
| | 3.3 Manieren om samenhang aan te brengen | 18 |
| | 3.4 De Guidelines vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland | 20 |
| | 3.5 Conclusies | 22 |
| 4 | Richtlijnen voor natuur- en techniekonderwijs in de Verenigde Staten (Benchmarks) | 25 |
| | 4.1 Inleiding | 25 |
| | 4.2 Natuurwetenschappelijke geletterdheid | 26 |
| | 4.3 Manieren om samenhang aan te brengen | 29 |
| | 4.4 De Benchmarks vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland | 35 |
| | 4.5 Conclusies | 38 |
| 5 | Richtlijnen voor natuur- en techniekonderwijs in Canada (Framework) | 39 |
| | 5.1 Inleiding | 39 |
| | 5.2 Natuurwetenschappelijke geletterdheid | 40 |
| | 5.3 Manieren waarop samenhang wordt uitgewerkt | 43 |
| | 5.4 Het Framework vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland | 48 |
| | 5.5 Conclusies | 50 |
| 6 | Natuur- en techniekonderwijs in Duitsland (PING project) | 53 |
| | 6.1 Inleiding | 53 |
| | 6.2 Onderwijsvisie van het PING project | 53 |
| | 6.3 Structuur en inhoud van de onderwijsthema's | 54 |
| | 6.4 Planning van het onderwijs | 57 |
| | 6.5 Manieren om samenhang aan te brengen | 59 |
| | 6.6 PING vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland | 59 |
| | 6.7 Conclusies | 60 |
| 7 | Natuur- en techniekonderwijs in Israël (MABAT-curriculum) | 63 |
| | 7.1 Inleiding | 63 |
| | 7.2 Het MABAT-curriculum | 64 |
| | 7.3 Manieren om samenhang aan te brengen | 65 |
| | 7.4 Conclusies | 66 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 8 | Samenvatting en conclusies | 67 |
| | 8.1 Inleiding | 67 |
| | 8.2 Visies op het onderwijs in natuur en techniek | 67 |
| | 8.3 De structuur van de curricula | 68 |
| | 8.4 Samenhang in vakinhoud | 69 |
| | 8.5 Samenhang in vaardigheden | 70 |
| | 8.6 Samenhang in attitudes | 70 |
| | 8.7 Conclusies uit de vergelijking tussen de vijf landen | 71 |
| | 8.8 De inrichting van het leergebied natuur en techniek in Nederland | 71 |
| | 8.9 Aanbevelingen | 72 |
| | Referenties | 75 |
| | Bijlagen | 77 |

1 Visie en aanleiding van het SONaTe-project

In Nederland krijgen sinds 1993 de leerlingen in de basisvorming in minstens 15 vakken onderwijs. Deze vakken worden meestal afzonderlijk aangeboden in een jaarrooster. De nadelige consequenties van dit versnipperde aanbod van vakken zijn (Inspectie van het Onderwijs, 1999):

- er zijn veel leswisselingen: die kosten tijd en aandacht van leraren en leerlingen;
- er is weinig gelegenheid kennis uit verschillende vakgebieden samen te voegen, mede omdat de programma's van kerndoelen weinig samenhang vertonen;
- leerlingen hebben te maken met een verschillende didactische aanpak van docenten.

Het resultaat is dat leerlingen te weinig inzicht ontwikkelen in de samenhang tussen kennis uit verschillende vakken, terwijl het in een kennissamenleving juist steeds meer noodzakelijk is dergelijke kennisverbindingen te kunnen leggen.

Dit zou kunnen worden tegengegaan door meer samenhangend onderwijs, waarin door programmatische afstemming tussen vakken (in leerplannen, in schoolboeken, op schoolniveau en in de lessen) gestreefd wordt naar meer geïntegreerde kennis bij leerlingen.

Een vergaande vorm van samenhang in het onderwijs is geïntegreerd onderwijs in leergebieden. Er staat dan bijvoorbeeld één docent per leergebied voor de klas. Voordelen hiervan zijn:

- minder leswisselingen dus meer gelegenheid voor concentratie;
- een intensiever contact tussen docent en leerlingen.

Aan leergebieden die door één docent worden onderwezen, kleven echter ook nadelen:

- als het leergebied louter bestaat uit een optelsom van bestaande vakken is er inhoudelijk weinig gewonnen;
- docenten weten veel van hun eigen vak en vaak weinig van verwante vakken, wat tot meer oppervlakkig onderwijs kan leiden;
- de eigen identiteit van de vakken zou verloren kunnen gaan in een grijze massa algemene kennis (vergelijk de manier waarop 'vaardigheden' zijn geformuleerd).

In het SONaTe-project, een initiatief van de Stichting Axis, het Centrum voor Bèta-Didactiek van de Universiteit Utrecht en de Stichting Leerplan Ontwikkeling, wordt ernaar gestreefd alternatieven te ontwikkelen voor meer samenhangend onderwijs:

- 'meer samenhang' om leerlingen beter zicht te geven op de samenhang tussen kennis en vaardigheden, die nu ondergebracht zijn in verschillende vakken;
- 'alternatieven' om recht te kunnen doen aan de verschillen tussen scholen qua onderwijsvisie en beschikbare deskundigheid van docenten.

Het project vindt zijn oorsprong in een discussie over een paper waarin voor- en nadelen van vakkenintegratie op een rij zijn gezet (Eijkelfhof, 1999). Vervolgens vond een inventarisatie plaats van good practice samenhangend leren in de basisvorming (Geraedts et al., 2001) op het gebied van vakkencombinaties (natuurkunde-scheikunde-biologie, biologie-verzorging, natuurkunde-scheikunde-techniek) en projectonderwijs. Door het advies van de Onderwijsraad (2001) over de vorming van leergebieden (bijv. Science) is de discussie over geïntegreerd onderwijs aangezwengeld, waarbij de emoties soms hoog zijn opgelopen. Het is een taak van de taakgroep Meijerink om werkbare voorstellen voor leergebieden te ontwerpen. Deze taakgroep is in september 2002 met de werkzaamheden begonnen.

Ten behoeve van de discussie over leergebieden is het verstandig over de grens te kijken. Immers, in andere landen is ervaring opgedaan met het aanbrengen van samenhang in het

onderwijs in de vorm van leergebieden. Wat valt daarvan te leren dat van belang is voor het formuleren van een programmatische samenhang? Welke voor- en nadelen hebben de verschillende aanpakken met het oog op inpassing in de Nederlandse situatie, die gekarakteriseerd kan worden als:

- een traditie van gescheiden vakken;
- weinig samenwerking tussen docenten van verschillende vakken;
- een breed vormingsaanbod in de basisvorming;
- weinig breed geschoolde docenten;
- een beleid dat meer ruimte wil laten voor scholen om een eigen invulling te geven aan het onderwijs binnen centraal geformuleerde kerndoelen.

Daartoe zijn uit vijf verschillende landen leerplandocumenten nader onderzocht op de mogelijkheid om leerplannen zo vorm te geven dat:

- recht wordt gedaan aan de identiteit van de verschillende kennisgebieden (behoud van het goede uit de bestaande vakken);
- richting wordt gegeven aan het streven naar meer samenhang (meerwaarde boven een optelsom der vakken);
- scholen kaders krijgen die ruimte laten voor een eigen vormgeving van het onderwijs (decentralisatie).

Deze publicatie doet verslag van dit onderzoek. Het verslag is als volgt ingedeeld.

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet van het onderzoek. In de hoofdstukken 3 t/m 7 worden de resultaten per land gepresenteerd. In hoofdstuk 8 worden de resultaten met elkaar vergeleken. Dit hoofdstuk wordt afgerond met een aantal conclusies en aanbevelingen.

2 Opzet van het onderzoek

2.1 Inleiding

Meer samenhang in het onderwijs kan worden nagestreefd op verschillende niveaus:

- macroniveau: landelijke documenten die richting geven aan het onderwijs, zoals leerplannen, examenprogramma's en curricula;
- mesoniveau: regelingen op schoolniveau ten aanzien van de ordening van vakken (afzonderlijk of ondergebracht in een leergebied), lokalenindeling, het rooster en toetsing, afspraken over afstemming en organisatie van sectieoverleg;
- microniveau: uitvoering van het onderwijs in de lessen.

In dit onderzoek gaat het om het macroniveau.

In Nederland wordt het onderwijs in de basisvorming op macroniveau aangestuurd door de lijst met kerndoelen¹. Hierin wordt samenhang op een aantal verschillende manieren nagestreefd:

a. Het werken aan vakoverstijgende thema's

De leerling dient, in het kader van brede en evenwichtige oriëntatie op mens en samenleving, enig zicht te krijgen op relaties met de persoonlijke en maatschappelijke omgeving. Zowel kennis en vaardigheden als attitudes spelen daarbij een rol. Daartoe wordt uit het leergebied natuur en techniek in een aantal vakken [tussen haakjes genoemd] expliciet aandacht besteed aan:

- i. het kennen van en omgaan met eigen en andermans normen en waarden [Vz, Bio];
- ii. het onderkennen van en omgaan met de overeenkomsten en verschillen tussen de seksen [Vz, Nask];
- iii. de relatie tussen mens en natuur en het concept van duurzame ontwikkeling [Tec, Nask, Bio];
- iv. het functioneren als democratisch burger in een multiculturele samenleving, ook in internationaal verband [Vz];
- v. het op een veilige manier functioneren in de eigen omgeving, ook in het verkeer [Vz, Nask, Bio];
- vi. de maatschappelijke betekenis van de technologische ontwikkeling, waaronder moderne informatie- en communicatietechnologie [Tec, Nask];
- vii. de maatschappelijke betekenis van betaalde en onbetaalde arbeid [Vz];
- viii. de verworvenheden en mogelijkheden van kunst en cultuur, waaronder ook de media [geen].

b. Het leren van algemene vaardigheden

De volgende vaardigheden worden over de verschillende vakken van de basisvorming verdeeld:

* uitvoeren²

De leerling leert in zoveel mogelijk herkenbare situaties, mede door het gebruik van

¹ www.minocw.nl/basisvorming/kerndoelen

² Eén van de vaardigheden die leerlingen bij dit algemene onderwijsdoel leren, zijn rekenkundige vaardigheden (algemeen onderwijsdoel 2.4). Het is opvallend dat in de kerndoelen van de vakken biologie, natuur-/scheikunde niet naar dit algemene onderwijsdoel wordt verwezen.

informatie- en communicatietechnologie, een aantal schoolse vaardigheden verder te ontwikkelen.

* leren

De leerling leert, mede door het gebruik van informatie- en communicatietechnologie, zoveel mogelijk eigen kennis en vaardigheden op te bouwen. Daartoe leert hij onder andere een aantal strategieën die het leerproces kunnen verbeteren.

* communiceren

De leerling leert, mede via een proces van interactief leren, een aantal sociale en communicatieve vaardigheden verder te ontwikkelen.

* reflecteren op het leerproces

De leerling leert, door te reflecteren op het eigen functioneren, zicht te krijgen op en sturing te geven aan het eigen leerproces.

* reflecteren op de toekomst

De leerling leert, door te reflecteren op het eigen functioneren, zicht te krijgen op de eigen toekomstmogelijkheden en interesses.

Elk van deze vaardigheden is onderverdeeld in deelvaardigheden die toegewezen zijn aan één of meerdere schoolvakken.

c. Samenhang tussen onderwerpen

Bij de kerndoelen van de diverse vakken wordt verwezen naar die van andere vakken.

Daarbij is het opvallend dat er onderling wel wordt verwezen tussen Nask en Bio, maar niet tussen Nask en Tec, en tussen Bio en Vz.

2.2 Onderzoeksvragen

Uit de evaluatie van de Inspectie van het Onderwijs blijkt dat de samenhang te wensen overlaat. De vraag is nu of er wellicht in andere landen andere manieren zijn gehanteerd om op macroniveau samenhangend onderwijs te bevorderen. Daartoe worden de volgende onderzoeksvragen gehanteerd:

1. Wat is de structuur van het leergebied natuur en techniek in de geselecteerde landen?
2. Vanuit welke visie wordt het leergebied vorm gegeven?
3. Hoe wordt samenhang nagestreefd op het gebied van vakinhoud, vaardigheden en attitudes?
4. In hoeverre verschillen de Nederlandse kerndoelen met die van de geselecteerde landen?
5. Welke lessen kunnen uit deze vergelijking worden getrokken voor de inrichting van het leergebied natuur en techniek in de Nederlandse basisvorming?

De analyse wordt in het bijzonder gericht op:

- samenhangend onderwijs in de natuurwetenschappelijke en technische vakken: biologie, fysische geografie, natuurkunde, scheikunde, techniek en verzorging;
- de leeftijdsgroep 12 – 15 jaar, met enige aandacht voor de aansluiting op basis- en tweede fase voortgezet onderwijs.

2.3 Selectie van landen

De beschikbare tijd voor het onderzoek maakte een keuze van een beperkt aantal landen noodzakelijk. Bij die keuze hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- a. de economische status van de landen: het heeft weinig zin de Nederlandse situatie te vergelijken met landen die een geheel andere economische status hebben, zoals ontwikkelingslanden;

- b. de beschikbaarheid en toegankelijkheid van materiaal: het is niet mogelijk in alle landen op leerplanniveau informatie te vinden in Engels of Duits;
- c. verschillen tussen landen: zowel landen met een traditie van geïntegreerd onderwijs als landen waar de vakken gescheiden worden aangeboden;
- d. het spanningsveld tussen landelijke sturing en decentrale autonomie: in Nederland wordt enerzijds steeds meer verantwoordelijkheid gelegd bij schoolbesturen, anderzijds blijft de overheid verantwoordelijk voor de bewaking van de kwaliteit van het onderwijs en heeft daartoe instrumenten nodig.

De keus is op de volgende vijf landen gevallen:

- Schotland

Sinds 1993 wordt het onderwijs in natuur en techniek voor leerlingen van 5 – 14 jaar aangeboden binnen het leergebied Environmental Studies, waartoe ook de vakken geschiedenis en aardrijkskunde behoren.

- Verenigde Staten

De verantwoordelijkheid voor het onderwijs is van oudsher sterk gedecentraliseerd naar de staten en de schooldistricten. Sinds 1985 wordt in het Project 2061 de kwaliteit van het onderwijs in de exacte vakken verbeterd door middel van eindtermen op vier leeftijdsniveaus, leerlijnen van kleuteronderwijs tot en met bovenbouw voortgezet onderwijs en meer inhoudelijke samenhang tussen natuurwetenschappen, techniek en wiskunde. Streefdatum voor realisatie is dus 2061, het jaar dat de komeet Halley vanaf de aarde weer te zien is.

- Canada

In Canada zijn de provincies verantwoordelijk voor het onderwijs. Teneinde richting te geven aan onderwijsdoelen en eindtermen is in 1997 op landelijk niveau het Common Framework for Science Learning Outcomes opgesteld. Weliswaar stagneert de implementatie van dit Framework onder invloed van behoudende tegenkrachten, maar het document bevat een aantal interessante suggesties voor meer samenhang in het onderwijs.

- Duitsland

Duitsland kent net als Nederland een traditie van gescheiden vakken in het voortgezet onderwijs, echter met een grote autonomie voor de Bondslanden. Daarnaast is er in Duitsland een sterke stroming die het onderwijs in de natuurwetenschappen wil verbinden met natuurbeleving en –bewustzijn. In 1989 is daartoe in Sleeswijk-Holstein een project gestart, Praxis Integrierter Naturwissenschaftlichen Grundbildung (PING), waarin voor de leeftijdsgroep 10 – 16 jaar materiaal wordt ontwikkeld voor een geïntegreerde vorm van onderwijs in natuur en techniek.

- Israël

Sinds 1996 is in Israël een geïntegreerd curriculum ingevoerd voor natuur en techniek voor de leeftijdsgroep 6 – 14 jaar. Daarbij speelt de Science – Technology – Society benadering een hoofdrol. Uitgangspunt is de basiskennis waarover een Israëliische burger zou moeten beschikken in de eerste helft van de 21e eeuw. Er valt een sterke Amerikaanse invloed te bespeuren, maar in tegenstelling tot de VS is dit curriculum in Israël reeds geïmplementeerd.

2.4 Analysemethode en rapportage

Bij de analyse van de documenten is de volgende methode gehanteerd:

- a. vaststellen van de visie van waaruit het onderwijs wordt ingericht;
- b. beschrijving van de structuur van het onderwijs in natuur en techniek;

- c. beschrijving van de vakinhoud, vaardigheden en attitudes in de curricula;
- d. vergelijking tussen de vakinhoud, vaardigheden en attitudes van deze curricula en de kerndoelen van de Nederlandse basisvorming;
- e. analyse van de manieren waarop in de curricula samenhang wordt nagestreefd ten aanzien van vakinhoud, vaardigheden en attitudes.

De resultaten zijn vastgelegd in landenbeschrijvingen (hoofdstukken 3 tot en met 7). Vervolgens zijn op elk van deze punten de resultaten met elkaar vergeleken in hoofdstuk 8. In dit hoofdstuk worden tevens -conclusies getrokken en aanbevelingen gepresenteerd voor de Nederlandse basisvorming.

3 Natuur- en techniekonderwijs in Schotland (environmental studies)

3.1 Inleiding

In Schotland is het Science en Technology onderwijs een deel van het leergebied Environmental Studies. Voor het onderwijs in dit leergebied zijn de '5-14 Guidelines for Environmental Studies' van 1999 richtgevend. In deze Guidelines zijn eindtermen opgenomen, waarin staat welke kennis en vaardigheden leerlingen op verschillende niveaus zich eigen moeten maken.

Op verzoek van het ministerie van Onderwijs werd door Learning and Teaching Scotland² in oktober 1998 begonnen met de herziening van de uit 1993 ontwikkelde '5-14 Guidelines for Environmental Studies'. Men was van mening dat de Guidelines van 1993 eenvoudiger en simpeler beschreven konden worden.

Punten van kritiek:

- teveel en onduidelijke eindtermen;
- de begrippen die van toepassing waren op het onderwijs waren niet duidelijk;
- er waren te weinig voorbeelden die docenten konden gebruiken voor dit onderwijs;
- de scholing van aankomende docenten liet te wensen over (Souter, 2002).

Het rapport van de Schotse Onderwijsinspectie (1999)² over de evaluatie van het Science onderwijs vermeldt verder dat de lesprogramma's voor Science op het basisonderwijs en de eerste 2 jaar van het voortgezet onderwijs vaak onder de maat zijn. Het rapport van de Third International Mathematics and Science Study (Knuver et al., 1997) laat zien dat Schotse leerlingen van 8 en 9 jaar wat betreft prestaties voor Science boven het internationale gemiddelde zitten. Voor leerlingen van 12 jaar liggen de prestaties echter onder het internationale gemiddelde en voor leerlingen van 13 jaar er weer net boven (Kuiper et al., 1997). Tevens laat het TIMSS rapport zien dat er op de basisscholen in Schotland minder tijd aan Science wordt besteed dan in andere landen. Van de Schotse leerlingen heeft ongeveer 35% slechts 1 uur per week les in dit vak. Daar staat tegenover dat de hoeveelheid tijd die in de eerste 2 jaar van het voortgezet onderwijs aan Science besteed wordt hoger ligt dan het internationale gemiddelde; per week ongeveer 155 minuten.

De meeste docenten in het basisonderwijs geven les in het hele leergebied dat de domeinen Social Subjects, Science en Technology omvat. Veel docenten vinden het moeilijk om het domein Science te doceren, omdat ze er geen bevoegdheid voor hebben. Deze docenten kunnen het beste het subdomein 'Living things and the processes of life' onderwijzen. Van de docenten die Science op middelbare scholen geven is het grootste deel 'honour graduates' in biologie, natuur- of scheikunde. Meestal hebben deze docenten

² Learning and Teaching Scotland is a national public body sponsored by the Scottish Executive Education Department. The Scottish Executive has charged LT Scotland with providing advice, support, resources and staff development that enhance the quality of educational experiences with a view to improving attainment and achievement and promoting lifelong learning. (www.LTScotland.com)

² Schotse Onderwijsinspectie (Scottish Executive) (1999). Improving Science Education 5-14. Zie <http://www.scotland.gov.uk/library2/doc09/isme-01.asp>

veel leservaring, maar missen ze recentelijke natuurwetenschappelijke kennis (Souter, 2002).

Om na te denken over de concretisering van de kerndoelen werden diverse groepen uitgenodigd. Op een aantal eisen werden herzieningen aangebracht, die gebaseerd waren op:

- good practice onderzoek;
- Guidelines als hulpmiddel voor scholen om eindtermen te herzien;
- meer onderwerpen in het curriculum;
- gelijk aanbod van de domeinen van Environmental Studies;
- samenhang in de inhoud van het curriculum;
- aanwezigheid van doorlopende leerlijnen;
- curriculum uitdagend voor leerlingen;
- oetsbaar curriculum (Souter, 2002).

De herziene Guidelines geven de eindtermen weer voor de domeinen Social Subjects, Science en Technology. De domeinen ICT en Huishoudkunde zijn uit Environmental Studies verdwenen, daarvoor zijn aparte Guidelines opgesteld.

De doelen van het Science en Technology onderwijs zijn om leerlingen:

- de wereld waarin ze leven te leren begrijpen: weten wat hun plaats hierin is en om factoren te kunnen beschrijven die ervoor gezorgd hebben dat de wereld er nu zo uit ziet zoals hij eruit ziet;
- door het gebruik van doorlopende leerlijnen kennis en vaardigheden te laten ontwikkelen, waardoor ze in staat zijn om te kunnen functioneren in hun eigen omgeving;
- waarden en normen ontwikkelen, die te maken hebben met het zorgvuldig omgaan met de natuur;
- kwesties in te laten zien, die te maken hebben met het gebruik van natuurlijke bronnen en de steeds verdere ontwikkeling van de wereld om hen heen;
- zichzelf te ontplooiën tot kritische personen, die een actieve rol spelen in de samenleving.

Bij Environmental Studies worden onderwerpen behandeld uit de vakken geschiedenis, aardrijkskunde, maatschappijleer (Modern Studies), natuurwetenschappen en technologie. In het begin maken leerlingen kennis met de belangrijkste ideeën van het leergebied.

Volgens de Guidelines zullen leerlingen later leren dat er binnen de domeinen op verschillende manieren tegen de wereld kan worden aangekeken.

In paragraaf 2 wordt de structuur van het Science en Technology onderwijs beschreven aan de hand van de laatst opgestelde Guidelines. Paragraaf 3 behandelt manieren waarop samenhang op macroniveau in dit onderwijs wordt uitgewerkt. Paragraaf 4 gaat in op de vergelijking van de eindtermen van Science en Technology met de kerndoelen van natuur- en techniekonderwijs op de Nederlandse basisschool en de basisvorming. Tenslotte volgen in paragraaf 5 de conclusies.

3.2 De structuur van de domeinen Science en Technology

In de subparagrafen zal worden ingegaan op de *kennis* die leerlingen zich eigen moeten maken (2.1), op de *vaardigheden* (2.2) en de *attitudes* (2.3) die de leerlingen volgens de eindtermen van de Guidelines moeten leren.

Zoals eerder aangegeven is, is Environmental Studies onderverdeeld in de domeinen Social Subjects, Science en Technology. Deze domeinen zijn onderverdeeld in subdomeinen (zie tabel 1).

| Domein | Social Subjects | Science | Technology |
|-------------------|---|---|---|
| Onderverdeeld in: | <ul style="list-style-type: none"> - People in the past - People and place - People in society | <ul style="list-style-type: none"> - Earth and space - Energy and forces - Living things and the processes of life | - Geen nadere indeling |
| Verwijst naar: | Aardrijkskunde, geschiedenis en maatschappijleer | Natuur- en scheikunde en biologie | Technische aspecten die o.a. belangrijk kunnen zijn voor een beroepsopleiding |

Tabel 1. De onderverdeling van de domeinen van Environmental Studies en de vakken/aspecten waarnaar gerefereerd wordt.

Environmental Studies is bedoeld voor leerlingen van ongeveer 5 tot en met 14 jaar. De ontwikkeling van deze leerlingen is verdeeld in niveaus van A tot en met F. Niveau A geeft een beschrijving van de ontwikkeling op het gebied van kennis en vaardigheden van leerlingen van ongeveer 7 jaar. De eindtermen van niveau F beschrijven de ontwikkeling voor leerlingen van ongeveer 14 jaar. Voor de ontwikkeling van attitudes zijn per niveau geen eindtermen geformuleerd. Leerlingen moeten deze geleidelijk leren. De eindtermen die voor Science en Technology op de niveaus E en F zijn geformuleerd komen globaal overeen met de kerndoelen van het natuur- en techniekonderwijs in de Nederlandse basisvorming.

3.2.1 Kennis

Uit het rapport van de Schotse Onderwijsinspectie bleek dat in de periode 1993-1998 op veel basis- en middelbare scholen op een te laag niveau les werd gegeven in het domein Science (Rapport Schotse Onderwijsinspectie, 1999). De eindtermen voor het Science en Technology onderwijs zijn daarom ook herzien. In de herziene Guidelines staat dat kinderen vanaf hun jongste jaren proberen te begrijpen hoe de wereld om hen heen in elkaar zit. De domeinen van Environmental Studies kunnen hieraan bijdragen. De verwachting is dat leerlingen geleidelijk die bijdrage zullen leren waarden. Uit het inspectierapport bleek verder dat docenten van het Science onderwijs nauwelijks voortbouwden op de kennis die leerlingen al eerder hadden opgedaan. Vanuit het vernieuwde onderwijs adviseerde men dan ook om meer uit te gaan van de voorkennis van leerlingen. In de herziene Guidelines blijkt uit de eindtermen, die per niveau zijn opgesteld, dat nieuwe kennis die leerlingen verwerven voortbouwt op eerdere kennis. Zoals uit tabel 1 blijkt is Science onderverdeeld in subdomeinen. Voor Technology is geen nadere indeling. De subdomeinen van Science en het domein Technology zijn onderverdeeld in thema's die in deze disciplines belangrijk worden gevonden. Deze thema's worden 'strands' genoemd. De strands zijn weer onderverdeeld in eindtermen, waarin de kennis beschreven wordt die leerlingen moeten verwerven. Bij Science is bijvoorbeeld energieomzetting van belang. Hier is de strand Conversion and transfer of energy voor geformuleerd. Een belangrijk thema bij Technology is de rol die de

technologie heeft gespeeld om aan menselijke behoeften te voldoen. De strand *Needs and how they are met* is hiervoor in de Guidelines opgenomen.

In het onderstaande kader wordt globaal ingegaan op de onderwerpen die worden behandeld in de strands voor Science en Technology voor leerlingen van niveau E en F.

SCIENCE

Earth and space. Bij deze strand worden veranderingen van de seizoenen behandeld op grond van de beweging van de aarde en maan. Ook de opbouw en oorsprong van het heelal komen aan de orde. In de strand *Materials from earth* worden, door middel van de kringloop van water, verbanden tussen de eigenschappen en deeltjesstructuur van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen bestudeerd. De strand *Changing materials* gaat in op chemische reacties en de manier waarop veranderingen in materialen kunnen optreden.

Energy and forces. De strand *Properties and uses of energy* worden eigenschappen van elektrische circuits, warmtegeleiding, licht en geluid behandeld. Bij de strand *Conversion and transfer of energy* wordt het onderscheid tussen potentiële en kinetische energie bestudeerd. Ook komt chemische energie aan de orde. De strand *Forces and their effects* gaat in op het verschil tussen massa, gewicht en krachten.

Living things and the processes of life. De strand *Variety and characteristic features* gaat in op de impact van micro-organismen, de genetische relaties tussen generaties, reproductie en biotechnologie. In de strand *Processes of life* worden planten en dieren, cellen, fotosynthese en enzymen behandeld. De strand *Interaction of living things with their environment* besteedt aandacht aan voedselwebben, voedselpiramideën en de groei van populaties.

TECHNOLOGY

De strand *Needs and how they are met* gaat over de manier waarop de techniek kan voldoen aan menselijke behoeften door objecten te maken of de omgeving te veranderen. Er wordt ook ingegaan op gevolgen van technische ontwikkelingen. In de strand *Resources and how they are managed* worden middelen behandeld om producten te maken. Voorbeelden van zulke middelen zijn materialen, apparaten en gereedschappen. Ook de gevolgen van het gebruik van middelen komen aan de orde. De strand *Processes and how they are applied* besteedt aandacht aan technieken om producten te maken, zoals tekenen, modelleren, bouwen en controleren. Tevens worden de gevolgen behandeld van manieren om producten te maken.

| Taken voorbereiden | Taken uitvoeren | Taken beschrijven en hierop reflecteren |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - analyseren van een probleem - oplossingen bedenken voor het probleem - plannen van een activiteit | <ul style="list-style-type: none"> - uitvoeren van een activiteit - waarnemingen opschrijven | <ul style="list-style-type: none"> - resultaten van de activiteit kritisch beschouwen en evalueren |

Tabel 2. Een samenvatting van de algemene vaardigheden die leerlingen bij *Environmental Studies* kunnen ontwikkelen.

3.2.2 Vaardigheden

Het streven van Learning and Teaching Scotland is om leerlingen in de loop van de tijd steeds meer inzicht te laten verwerven in Science en Technology. Men vindt het belangrijk dat leerlingen goed vaardigheden met betrekking tot deze leergebieden kunnen ontwikkelen. Eerder bleek dat leerlingen in het Science onderwijs te weinig mogelijkheden kregen om onderzoeksvaardigheden te leren, zoals een onderzoek plannen, waarnemingen doen en het interpreteren van gegevens (Rapport Schotse Onderwijsinspectie, 1999).

Voor Environmental Studies zijn algemene vaardigheden geformuleerd die betrekking hebben op de drie gebieden (zie tabel 2). De vaardigheden zijn specifiek uitgewerkt in tabel 3, waarin de eindtermen worden beschreven die leerlingen voor Science en Technology moeten hebben ontwikkeld op niveau F. De specifieke vaardigheden van Social Subjects zijn hier niet in opgenomen, daar de inhoud van dit gebied niet voorkomt bij natuur- en techniekvakken in de basisvorming.

| | Science | Technology |
|--|---|---|
| Algemene vaardigheden | Specifieke vaardigheden | |
| Taken voorbereiden | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - een probleemstelling formuleren; - een toetsbare hypothese opstellen; - geschikte experimenten ontwerpen. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - een probleem herkennen en mogelijke oplossingen bedenken; - relevante informatie analyseren om ontwerpcriteria op te stellen voor productie op grote en kleine schaal; - ruwe data bewerken om middelen en productieprocessen te selecteren; - een werkplan presenteren voor de productie van het ontwerp rekening houdend met veranderende omstandigheden. |
| Taken uitvoeren | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - een serie metingen verrichten van afhankelijke en onafhankelijke variabelen d.m.v. geschikte apparaten; - op een geschikte manier waarnemingen beschrijven en presenteren. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - argumenten geven om een plan eventueel te veranderen; - het product op een correcte, veilige en milieubewuste manier bouwen. |
| Taken beschrijven en hierop reflecteren | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - een gestructureerd verslag schrijven over een onderzoek waarbij gebruik gemaakt wordt van passend taalgebruik en illustraties; - verbanden leggen tussen de resultaten en de oorspronkelijke hypothese; - aanbevelingen doen om het onderzoek te verbeteren. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - het product testen om te zien of het voldoet aan de ontwerpcriteria; - rekening houden met consequenties van hun product. |

Tabel 3. De specifieke vaardigheden die leerlingen moeten leren bij Science en Technology op niveau F.

Doordat er algemene en ook specifieke vaardigheden voor Science en Technology zijn opgesteld, kunnen leerlingen zelf inzien dat er zowel overeenkomsten als verschillen tussen de domeinen bestaan.

3.2.3 Attitudes

Learning and Teaching Scotland is van mening dat leerlingen door Environmental Studies leren waarderen dat mensen op verschillende manieren denken, werken en tegen de wereld aankijken. De leerlingen zullen attitudes ontwikkelen die ook te maken hebben met Science en Technology. Men vindt het belangrijk dat leerlingen bij alle domeinen van Environmental Studies geleidelijk attitudes ontwikkelen. Voor de ontwikkeling van attitudes zijn er daarom geen eindtermen per niveau beschreven.

Voor de domeinen Social Subjects, Science en Technology heeft men drie algemene attitudes geformuleerd:

1. **Leerlingen worden aangemoedigd om positief tegen leren aan te kijken.**
Leerlingen zouden de bijdrage van Environmental Studies aan hun begrip ten aanzien van de wereld moeten leren inzien.
2. **Leerlingen gaan respectvol om met zichzelf en anderen.** Leerlingen moeten zich bewust worden van hun invloed op de maatschappij en het milieu, door onder andere verschillende meningen over maatschappelijke kwesties te respecteren en rekening te houden met de wensen van anderen.
3. **Leerlingen worden aangemoedigd om verantwoordelijk te zijn voor de maatschappij en het milieu.** Leerlingen kunnen zich in een multiculturele samenleving verantwoordelijk gedragen en kunnen zorgvuldig omgaan met het milieu.

Op niveau F moeten leerlingen voor ieder domein van Environmental Studies specifieke attitudes verworven hebben. Deze zijn voor de domeinen Science en Technology uitgewerkt in tabel 4 (zie 3.1).

3.3 Manieren om samenhang aan te brengen

Bij de domeinen Science en Technology is er op macroniveau op verschillende manieren een samenhang aangebracht. In de subparagrafen zal worden ingegaan op de samenhang in *vakinhoud* (3.1), *vaardigheden* (3.2) en *attitudes* (3.3).

3.3.1 Samenhang in vakinhoud

Science is onderverdeeld in de subdomeinen Earth and space, Energy and forces en Living things and the processes of life. De eerste twee verwijzen naar natuur- en scheikunde en het laatste onderdeel naar biologie. De vakinhoudelijke overeenkomsten tussen deze onderdelen onderling en Technology worden nader toegelicht. Bij Living things and the processes of life komt bij de eindtermen van de strand *The processes of life* de rol die enzymen spelen bij cellulaire reacties aan de orde. Ook het effect van de pH en de temperatuur op de enzymactiviteit wordt behandeld. Dit heeft weer overeenkomsten met de karakteristieken van de chemische reacties waaraan bij de strand *Changing materials* van Earth and space aandacht wordt besteed. Op deze manier zijn leerlingen in staat om de effecten van pH en temperatuur op chemische reacties te beschrijven.

De eindtermen van de strand *Conversion and transfer of energy* van Energy and forces besteedt aandacht aan de omzetting en het vervoer van energie. Bij de strand *Processes and how they are applied* van Technology komt dit begrip terug. Leerlingen kunnen hier

vervolgens beschrijven dat energietransport een eigenschap is van productieprocessen. Op deze manier wordt geleerd dat energietransport een rol speelt bij zowel Energy and forces als bij Technology.

| | Science | Technology |
|--|--|--|
| Algemene attitudes | Specifieke attitudes | |
| Positief tegenover leren | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - een standpunt innemen dat gebaseerd is op waarden en normen m.b.t. de invloed van de natuurwetenschappen op sociale, milieu- en ethische kwesties; - zowel zelfstandig als in groepsverband werken aan natuurwetenschappelijke problemen. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - praktisch werk waarderen en goed werk afleveren; - begrijpen wat de bijdrage van de techniek is voor de omgeving; - zowel zelfstandig als in groepsverband werken aan technische problemen. |
| Respect voor zichzelf en anderen | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - aangeven hoe ze kunnen bijdragen aan het behoud van hun gezondheid; - veilig handelen; - zorgvuldig omgaan met het milieu; - respect hebben voor verschillen in waarden en normen. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - rekening houden met andermans waarden en normen bij het ontwerpen en maken van een technisch product; - begrijpen dat bepaalde, technische oplossingen niet acceptabel zijn voor iedereen; - veilig en hygiënisch werken. |
| Verantwoordelijk voor de omgeving en maatschappij | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - de gevolgen begrijpen die bepaalde keuzes en beslissingen hebben op het milieu; - de relaties tussen levende wezens en hun omgeving begrijpen; - zorgvuldig omgaan met bijvoorbeeld water en energie; - begrijpen dat het belangrijk is om schaarse energiebronnen te sparen en bedreigde diersoorten te beschermen. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - de effecten van technische productieprocessen en ontwikkelingen op de omgeving uitleggen; - begrijpen dat bij de ontwikkeling van technische producten een afweging gemaakt moet worden tussen menselijke behoeftes en milieubehoud. |

Tabel 4. De specifieke attitudes die leerlingen moeten ontwikkelen bij Science en Technology op niveau F.

Bij de eindtermen van de strand *Materials from earth* van Earth and space komen de eigenschappen van elementen aan de orde. Deze kennis wordt aangevuld bij de strand *Resources and how they are* met van Technology. Hierbij doen leerlingen kennis op over vindplaatsen, eigenschappen en het gebruik van materialen.

In de Guidelines vinden we verder geen voorbeelden van vakinhoudelijke overeenkomsten tussen de subdomeinen van Science en Technology. Leerlingen worden zo wellicht belemmerd om verbanden te leggen tussen Science en Technology.

3.3.2 Samenhang in vaardigheden

Al eerder (zie 2.2.) is er gerefereerd aan het feit dat er voor Science en Technology algemene en specifieke vaardigheden zijn geformuleerd. Learning and Teaching Scotland is van mening dat leerlingen de vaardigheden die ze bijvoorbeeld in een natuurwetenschappelijke context leren ook moeten kunnen toepassen in een technologische context.

3.3.3 Samenhang in attitudes

In Schotland vindt men het belangrijk dat leerlingen de wereld om hen heen leren begrijpen. Hiervoor moeten leerlingen kritisch naar de wereld leren kijken en moeten ze keuzes kunnen maken op het gebied van maatschappij en milieu. Leerlingen moeten geleidelijk aan attitudes ontwikkelen met betrekking tot hun omgeving. Men heeft drie attitudes geformuleerd die zowel bij Science als Technology belangrijk worden gevonden. Deze vakoverstijgende attitudes zijn specifiek uitgewerkt (zie 2.3).

3.4 De Guidelines vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland

In subparagrafen zullen de *kennis* (4.1), de *vaardigheden* (4.2) en de *attitudes* (4.3) uit eindtermen van het Science en Technology onderwijs vergeleken worden met de kerndoelen van het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs in de basisvorming.³ We richten ons hierbij op leerlingen van ongeveer 12 tot en met 14 jaar (niveau F).

3.4.1 Kennis

Natuur- en scheikunde

In de Schotse eindtermen wordt bij Earth and space aangegeven dat de leerlingen kennis moeten hebben van de opbouw van ons zonnestelsel en het heelal. Leerlingen kunnen theorieën beschrijven om de oorsprong van het heelal te verklaren. Deze kennis is niet terug te vinden in de kerndoelen van natuur- en scheikunde of aardrijkskunde. Verder hebben leerlingen in Schotland inzicht in atomen, de toestanden van stoffen en de indeling van stoffen. In Nederland komen deze onderwerpen ook aan de orde (kerndoelen 6a en 19a-d). Leerlingen moeten in Schotland kennis hebben van chemische reacties, wat bij natuur- en scheikunde ook belangrijk wordt gevonden (kerndoelen 5c en 19e). Bij Energy and forces dienen leerlingen onder andere inzicht te krijgen in de onderwerpen geleiding, licht, geluid, elektriciteit en energie. De kerndoelen van natuur- en scheikunde geven

³ Kerndoelen van de vakken biologie, natuur- en scheikunde, techniek, verzorging (en aardrijkskunde) in de basisvorming. Zie <http://www.minocw.nl/basisvorming/kerndoelen>

eveneens een beschrijving van hetgeen wat leerlingen hierover moeten weten (kerndoelen 4a-e, 7a-d, 10a+c, 12c+d en 16).

In vergelijking met *Earth and space* en *Energy and forces* behandelt het vak natuur- en scheikunde onderwerpen in een bredere context. In Schotland blijven de onderwerpen vaak beperkt tot natuur- en scheikundige begrippen en verschijnselen, terwijl in de Nederlandse kerndoelen ook frequent toepassingen van natuurwetenschappelijke begrippen aan de orde komen. Bij geluid bijvoorbeeld leren leerlingen in Nederland niet alleen de eigenschappen ervan zoals in Schotland, er wordt ook ingegaan op het frequentiegebied van het menselijk oor en op geluidshinder (kerndoel 14 en 15). Zowel bij *Energy and forces* als natuur- en scheikunde moeten leerlingen verschillende soorten krachten en de eigenschappen daarvan kunnen beschrijven. Krachten worden bij natuur- en scheikunde ook toegepast in het verkeer (kerndoel 17 en 18).

Biologie en verzorging

Bij *Living things and the processes of life* staat in de eindtermen beschreven dat leerlingen kennis moeten hebben van onder andere de eigenschappen van planten, dieren en mensen, de rol die bacteriën spelen bij ziektes, biotechnologie en cellen. In Nederland moeten deze onderwerpen ook aan de orde komen (kerndoelen 8c, 9a+b, 11a+b en 13d).

Meestal wordt datgene wat leerlingen over biologie zouden moeten weten specifiek beschreven dan in de eindtermen. Wat bijvoorbeeld de voortplanting betreft leren leerlingen in Schotland de naamgeving en de functie van de belangrijkste voortplantingsorganen. In Nederland moeten leerlingen manieren kunnen noemen om zwangerschappen te voorkomen en kunnen leerlingen een mening geven over het gebruik van voorbehoedsmiddelen (kerndoel 5b+c). Een ander voorbeeld waaruit blijkt dat in de kerndoelen van biologie bepaalde onderwerpen uitgebreider beschreven staan is de onderlinge afhankelijkheid van organismen. In Schotland kunnen leerlingen voedselpiramides construeren en uitleggen. In de Nederlandse kerndoelen staat dat leerlingen zouden moeten kunnen uitleggen dat alle organismen voor hun voedselvoorziening afhankelijk zijn van groene planten en ook dat organismen van elkaar afhankelijk kunnen zijn qua voortplanting. Eveneens wordt vermeld dat opgebouwde stoffen en afbraakproducten van organismen steeds opnieuw gebruikt kunnen worden als voedingsstoffen voor andere organismen (kerndoel 13). Dat door evolutie nieuwe soorten zijn ontstaan (kerndoel 17) wordt ook in Schotland behandeld.

Onderwerpen die in Schotland in de eindtermen beschreven staan en niet in de Nederlandse kerndoelen zijn de manier waarop cellen zijn aangepast aan hun functie en enzymactiviteit.

Er bestaat een vakinhoudelijke overeenkomst tussen *Living things and the processes of life* en verzorging. Bij *Science* kunnen leerlingen een beschrijving geven van de heilzame en schadelijke effecten van micro-organismen. Bij verzorging leren leerlingen voorbeelden van voedselbederf en leren ze maatregelen te noemen om bederf van en besmetting via voedsel tegen te gaan (kerndoel 8). Verder zijn er geen overeenkomsten gevonden tussen dit subdomein van *Science* en verzorging.

Techniek en verzorging

Bij het Schotse vak *Technology* moeten leerlingen weten op welke manier technologie van invloed is op de samenleving en andersom. Ook in de Nederlandse kerndoelen is dit onderwerp terug te vinden (kerndoelen 1 en 4). In Schotland moeten leerlingen een beschrijving kunnen geven van de veiligheid van producten en moeten ze kunnen

beschrijven hoe producten eruit zien en hoe ze werken. Dit is niet teruggevonden in de kerndoelen van het vak techniek. Men vindt het in Schotland belangrijk dat leerlingen kennis hebben van de eigenschappen en toepassingen van een aantal materialen. Bij de kerndoelen voor het vak techniek komt dit ook terug (kerndoelen 5 en 6). Bij Technology moeten leerlingen kunnen beschrijven op welke manieren bronnen gebruikt worden in de techniek. In zowel Schotland als Nederland wordt behandeld welke technieken er gebruikt kunnen worden om technologische problemen op te lossen en welke fasen er in een productiesysteem zijn. Bij Technology moeten leerlingen daarnaast kennis hebben van commerciële aspecten van het gebruik van producten door de consument. Leerlingen moeten ook kunnen aangeven dat technologie aan menselijke behoeftes kan voldoen en leefwijzen in de samenleving kan beïnvloeden.

Wat betreft zorg binnen huishoudens kunnen leerlingen in Nederland bij verzorging belangrijke ontwikkelingen in de samenleving noemen en de consequenties daarvan voor huishoudens. Dit zijn onder andere technologische ontwikkelingen die hebben geleid tot nieuwe apparaten in huis (kerndoel 14). Dit is een wederom overeenkomst tussen Technology en verzorging.

3.4.2 Vaardigheden

In Schotland moeten leerlingen vaardigheden verwerven om een natuurwetenschappelijk of technologisch probleem op te kunnen lossen (zie 2.2). Deze zijn overeenkomstig met de vaardigheden die leerlingen leren in het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs (zie bijlage 1).

3.4.3 Attitudes

Men vindt het in Schotland belangrijk dat leerlingen attitudes ontwikkelen waardoor ze respect leren te hebben voor anderen en het milieu (zie 2.3). Deze attitudes zijn ook van belang in de Nederlandse basisvorming (zie bijlage 2). In beide landen is het verwerven van deze attitudes een geleidelijk proces.

3.5 Conclusies

In de Guidelines staan de eindtermen beschreven van het Science en Technology onderwijs. Met deze aanwijzingen kunnen docenten lesprogramma's opstellen voor dit onderwijs.

Manieren om samenhang aan te brengen

Als er gekeken wordt op welke manier men bij Science en Technology samenhang probeert te realiseren dan is het volgende opmerkelijk: leerlingen kunnen in staat zijn om verbanden te zien tussen Science en Technology, omdat ze vaardigheden en attitudes ontwikkelen die gelden voor het hele leergebied. Waarschijnlijk gaat dit niet op voor samenhang in vakinhoud, daar er amper voorbeelden gevonden zijn van vakinhoudelijke verbindingen tussen Science en Technology (zie 3.1).

Vergelijking van de Guidelines met het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs

Algemeen kan worden gesteld dat de onderwerpen die in de Schotse eindtermen staan grofweg ook in de Nederlandse kerndoelen van het natuur- en techniek onderwijs

voorkomen. Sommige onderwerpen, zoals de bouw van het zonnestelsel en de evolutie van de aarde, zijn niet teruggevonden in de Nederlandse kerndoelen. Aan de andere kant worden in de kerndoelen onderwerpen in het natuur- en techniek onderwijs uitgebreider beschreven dan in de eindtermen.

Bij Science en Technology zijn er weinig onderwerpen teruggevonden die ook bij verzorging behandeld worden. Een verklaring hiervoor is dat bij de herziening van de Guidelines huishoudkunde uit het leergebied Environmental Studies is verdwenen. Waarschijnlijk zijn er weinig ‘verzorgende’ onderwerpen in het nieuwe curriculum overgebleven.

Zowel in het Schotse als in het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs moeten leerlingen overeenkomstige vaardigheden en attitudes leren. In Schotland worden de vaardigheden per niveau beschreven. In Nederland zijn de vaardigheden die leerlingen moeten ontwikkelen gedeeltelijk vakoverstijgend. Vaak staan ze ook in de kerndoelen per vak geformuleerd.

Leerlingen moeten zowel in Schotland als in Nederland voor Science en Technology geleidelijk aan attitudes verwerven.

Eindconclusie

Er zijn overeenkomsten tussen Science en Technology op grond van vaardigheden en attitudes. Dit kan ertoe leiden dat leerlingen deze zowel op het ene als op het andere domein kunnen toepassen. Er zijn slechts weinig voorbeelden gevonden van vakinhoudelijke overeenkomsten. Het is opvallend dat men voor de ordening van kennis geen gebruik maakt van interdisciplinaire begrippen.

4 Richtlijnen voor natuur- en techniekonderwijs in de Verenigde Staten (Benchmarks)

4.1 Inleiding

In de jaren tachtig werden in de Verenigde Staten de resultaten van een aantal onderzoeken over het Science onderwijs gepubliceerd. Hieruit kwam naar voren dat het niet zo goed gesteld was met het Amerikaanse onderwijs:

- leerlingen kozen amper voor de vakken wiskunde en science;
- met betrekking tot deze vakken presteerden leerlingen laag in vergelijking met andere geïndustrialiseerde landen;
- de expertise van wiskunde en science docenten liet vaak te wensen over.

Het tekortschieten van het Amerikaanse onderwijs werd in verband gebracht met de economische teruggang. De sterke positie van de Verenigde Staten, die bepaald werd door hun hoge niveau van natuurwetenschappen en technologie, verzwakte door de economische bloei van landen zoals Japan. Men ging beseffen dat het belangrijk is om voor alle leerlingen goed onderwijs te hebben. Het Science onderwijs werd daarom herzien.

Een van de projecten die tot de herziening van het Science, Technology en Mathematics onderwijs zou moeten leiden is Project 2061. Dit project werd in 1985 gestart door de American Association for the Advancement of Science (AAAS), die de uitwisseling van natuurwetenschappelijke kennis promoot. De naam van het project heeft een boodschap. Men begon in het jaar dat de komeet Halley in de buurt van de aarde kwam en in 2061 zal de komeet weer langs de aarde komen. In het project wordt ervan uitgegaan dat het Science onderwijs niet op korte termijn kan veranderen, maar geleidelijk zal worden doorgevoerd. Uiteindelijk zullen in 2061 leerlingen kwalitatief goed onderwijs krijgen. De herziening moet zich richten op het gehele onderwijs in de exacte vakken natuurkunde, scheikunde, biologie, aardwetenschappen, wiskunde, techniek en sociale vakken en betreft alle leerlingen van 4 – 18 jaar. Het eerste deel van het project hield zich bezig met een inventarisatie van de kennis, vaardigheden en attitudes die leerlingen verworven zouden moeten hebben aan het einde van de middelbare school, aan het begin van hun volwassenheid. Panels van docenten, onderwijsontwikkelaars, natuurwetenschappers en ingenieurs gingen hierover met elkaar in discussie. Dit leidde in 1989 tot een eerste publicatie 'Science for all Americans' (SFAA)⁴. Het Science onderwijs zou volgens SFAA ertoe moeten bijdragen dat mensen een interessant leven kunnen leiden, dat ze verantwoordelijkheidsgevoel hebben en dat ze iets in het leven kunnen bereiken. Doordat de natuurwetenschappen, technologie en wiskunde een steeds belangrijkere rol zijn gaan spelen in de samenleving is het noodzakelijk dat men hier kennis van heeft. Ook zou men vaardigheden en attitudes met betrekking tot deze disciplines ontwikkeld moeten hebben, zodat men begrijpt wat deze disciplines inhouden en hoe de levende natuur en de door mensen ontworpen wereld functioneren. Het streven is om goed in de maatschappij te kunnen functioneren door kritisch en objectief te denken, afwegingen en keuzes te maken en problemen op te lossen.

⁴ American Association for the Advancement of Science: Science for all Americans. Zie: <http://www.project2061.org/tools/bencho/bolframe.htm>

SFAA eindigt met aanbevelingen over het niveau van natuurwetenschappelijke geletterdheid van leerlingen na hun middelbare school.

Om de aanbevelingen van SFAA nader uit werken werden in 1989 een aantal teams samengesteld van docenten en natuurwetenschappers uit verschillende staten. Dit leverde een tweede publicatie op, te weten 'Benchmarks for Scientific Literacy' (afgekort Benchmarks)⁵. De Benchmarks geven tussentijdse niveaus van natuurwetenschappelijke geletterdheid aan. Hierin staat wat leerlingen na klas (grade) 2, 5 en 8 moeten kennen en kunnen, opdat ze het gewenste niveau op 18-jarige leeftijd (klas 12) kunnen halen. De Benchmarks bevatten de eindtermen voor de vakken Science, Technology en Mathematics voor de klassen K – 2, 3 – 5, 6 – 8 en 9 – 12. Op deze manier kunnen docenten bepalen wat het tussentijdse niveau van leerlingen is en kunnen daar hun onderwijsplanning op baseren.

SFAA en Benchmarks zijn een leidraad voor docenten om het onderwijs te veranderen. Ze kunnen een curriculum ontwikkelen dat bij hen aansluit, dat rekening houdt met interesses van leerlingen en dat voldoet aan de eisen van natuurwetenschappelijke geletterdheid volgens Project 2061.

Paragraaf 2 gaat in op de manier waarop het Science onderwijs herzien zou moeten worden en behandelt datgene wat leerlingen moeten kennen en kunnen. In paragraaf 3 worden de manieren behandeld waarop in dit onderwijs samenhang is aangebracht. Paragraaf 4 behandelt de vergelijking van het natuur- en techniekonderwijs volgens de visie van de Benchmarks met de kerndoelen in Nederland. Tenslotte komen in paragraaf 5 de conclusies aan de orde.

4.2 Natuurwetenschappelijke geletterdheid

SFAA beschrijft wat Project 2061 verstaat onder natuurwetenschappelijke geletterdheid: leerlingen moeten kennis hebben van vaardigheden en attitudes en deze ontwikkelen met betrekking tot de natuurwetenschappen en technologie, maar ook tot wiskunde, sociale wetenschappen en geschiedenis van de natuurwetenschappen.

In Nederland omvat het natuur- en techniekonderwijs in de basisvorming de vakken natuur- en scheikunde, biologie, techniek en verzorging. Het project 2061 richt zich op een breder terrein. Ook gebieden die geen deel uitmaken van het natuur- en techniekonderwijs, zoals wiskunde (The nature of Mathematics en The mathematical world), sociale wetenschappen (Human society; hoewel gedrag, wat hier een onderdeel van is, wel bij biologie voorkomt) en geschiedenis van de natuurwetenschappen (Historical perspectives; hieraan wordt aandacht besteed in het tweede fase vak algemene natuurwetenschappen). De gebieden van het Science onderwijs die wel te vergelijken zijn met het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs in de basisvorming zijn The nature of Science, The nature of Technology, The physical setting, The living environment, The human organism, The designed world, Common themes en Habits of mind. In dit hoofdstuk zullen we ons tot deze gebieden beperken (zie tabel 1). Zie bijlage 3 voor een beschrijving van de onderwerpen die tot verschillende gebieden behoren.

⁵ Zie: <http://www.project2061.org/tools/sfaaol/sfaatoc.htm>

| Science | Technology |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - The nature of Science - The physical setting - The living environment - The human organism | <ul style="list-style-type: none"> - The nature of Technology - The designed world |
| Common themes Habits of mind | |

Tabel 1. Gebieden van Project 2061 die vergelijkbaar zijn met het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs in de basisvorming.

Voor elk van deze gebieden zijn onder meer eindtermen beschreven die gelden voor leerlingen van ongeveer 12 tot en met 14 jaar (klas 6 tot en met 8). Dit niveau komt globaal overeen met de kerndoelen van het natuur- en techniekonderwijs in de basisvorming.

In de subparagrafen zal worden ingegaan op de gebieden die behoren tot het natuur- en techniekonderwijs en de *kennis* (2.1), de *vaardigheden* (2.2) en de *attitudes* (2.3) die leerlingen per gebied moeten leren.

4.2.1 Kennis

Tabel 2 geeft een korte beschrijving van de geselecteerde gebieden en de onderwerpen die hierbij aan de orde komen. Zie ook bijlage 3.

| Gebied van Science en/of Technology | Leerlingen moeten kennis hebben van: | Globale omschrijving van de onderwerpen: |
|-------------------------------------|--|---|
| The nature of Science | de aard van de natuurwetenschappen | <ul style="list-style-type: none"> - de ontwikkeling van natuurwetenschappen; - objectief onderzoek doen. |
| The physical setting | de manier waarop de wereld is opgebouwd. | <ul style="list-style-type: none"> - opbouw van aarde en zonnestelsel; - structuur van materie; - energieovergangen, licht, geluid en krachten. |
| The living environment | de natuur en het milieu. | <ul style="list-style-type: none"> - interacties tussen organismen en hun milieu; - erfelijkheid en cellen; - kringloop van materie en energie; - evolutie. |

| Gebied van Science en/of Technology | Leerlingen moeten kennis hebben van: | Globale omschrijving van de onderwerpen: |
|-------------------------------------|---|--|
| The human organism | de mens. | - de kenmerken en ontwikkeling van de mens; - leervermogen; - gezondheid. |
| The nature of Technology | de aard van technologie | - natuurwetenschappen en techniek hebben elkaar nodig; - technische systemen en hun beperkingen. |
| The designed world | technologische systemen en het maken van producten. | - landbouw- en productiemethoden; - eigenschappen van materialen; - energieomzettingen in technische systemen; - communicatie- en informatiesystemen. |
| Common themes | interdisciplinaire concepten. | - systemen, modellen, veranderingen en schaal. |
| Habits of mind | vaardigheden en attitudes | - zie 2.2 en 2.3. |

Tabel 2. Omschrijving van de onderwerpen die bij Science en Technology aan de orde komen.

4.2.2 Vaardigheden⁶

Voor Science en Technology zijn bij de rubriek Habits of mind een aantal algemene vaardigheden geformuleerd. De volgende vaardigheden zouden leerlingen moeten ontwikkelen om problemen op te kunnen lossen:

- **rekenen en schatten.** Leerlingen zijn in staat om wiskundige berekeningen te maken, grafieken te lezen, berekeningen op de computer te doen en schattingen te maken.
- **handelen en observeren.** Leerlingen kunnen omgaan met rekenmachines en computers, kunnen doelmatig apparaten gebruiken, simpele apparaten in en uit elkaar halen en het effect bepalen van een verandering in een systeem.
- **communiceren.** Leerlingen kunnen informatie weergeven in tabellen en hierover praten. Ze zijn in staat om informatie op te zoeken.

Naast de algemene vaardigheden wordt in de Benchmarks ook specifiek beschreven op

⁶ American Association for the Advancement of Science: Science for all Americans. Zie: <http://www.project2061.org/tools/sfaaol/Chap12.htm>.

welke manier leerlingen vaardigheden zouden moeten ontwikkelen. Natuurwetenschappelijk onderzoek doen is meer dan alleen zorgvuldig gemaakte observaties op een logische wijze ordenen. Men vindt het belangrijk dat leerlingen op een gegeven moment zelf een groot project opzetten. Ze zouden zelf een vraag moeten formuleren, de aanpak ontwerpen, een inschatting maken van de duur van het project, de proef uitvoeren, een verslag schrijven en de resultaten kritisch beoordelen. Een dergelijk project draagt meer bij aan wat het begrip natuurwetenschappelijk onderzoek inhoudt dan gesloten practicumopdrachten. Door het zelf te doen raken leerlingen vertrouwd met het ontwerpen van objecten. Ze leren situaties te analyseren en informatie te verzamelen. Verder kunnen ze problemen definiëren, producten maken en deze analyseren. Als een product problemen oplevert kunnen ze oplossingen bedenken en hun product verbeteren. Om dit alles te kunnen doen moeten leerlingen in staat zijn om goed te tekenen en te modelleren. Ook is het belangrijk dat leerlingen hun resultaten helder kunnen formuleren. Door deze vaardigheden zijn leerlingen in staat om op een goede manier een technisch product te maken.

4.2.3 Attitudes

Mensen hebben altijd bepaalde opvattingen gehad over de manier waarop de wereld om ons heen werkt. Nieuwe kennis die de natuurwetenschappen en technologie opleverden ondermijnden deze opvattingen wel eens. Leerlingen zouden zich bewust moeten zijn van de invloed die deze disciplines op onze manier van denken hebben. Jonge kinderen zijn nieuwsgierig naar de wereld om hen heen. Deze eigenschap zou door het Science en Technology onderwijs gestimuleerd moeten worden. Het zijn immers disciplines die verklaringen geven voor de alledaagse wereld. Docenten zouden herkenbare en interessante onderwerpen moeten kiezen en leerlingen in groepjes laten samenwerken, waarbij de nadruk ligt op ontdekken en begrijpen. Leerlingen zouden moeten weten waar ze mee bezig zijn en of ze hun leerdoelen gehaald hebben. Als op deze manier les wordt gegeven zullen vrijwel alle leerlingen willen leren. Leerlingen moeten openstaan voor nieuwe ideeën en moeten leren dat bepaalde ideeën met elkaar in conflict kunnen zijn. Het is belangrijk dat leerlingen deze tegenstrijdigheden zien, omdat ze daardoor gestimuleerd worden om een eigen standpunt in te nemen. Aan de andere kant zouden leerlingen sceptisch moeten zijn, omdat nieuwe ideeën in de natuurwetenschappen en technologie niet zondermeer geaccepteerd worden. Ze zouden hierin een gezonde balans moeten vinden.

4.3 Manieren om samenhang aan te brengen

In dit hoofdstuk worden de manieren besproken die samenhang aanbrengen tussen Science en Technology. In de subparagrafen wordt ingegaan op de samenhang in *vakinhoud* (3.1), samenhang via *interdisciplinaire concepten* (3.2) en *verbindingen tussen interdisciplinaire concepten* (3.3) en *samenhang in vaardigheden* (3.4) en *attitudes* (3.5).

4.3.1 Samenhang in vakinhoud

We beperken ons tot het bespreken van een aantal voorbeelden van vakinhoudelijke samenhang tussen de eindtermen van The physical setting (vergelijkbaar met natuur- en scheikunde) en The living environment/The human organism (vergelijkbaar met biologie). De eindtermen van The physical setting gaan in op de vorming van aardlagen (blz. 73).

Aardlagen kunnen resten van dode organismen bevatten. Dit wordt behandeld in *The living environment* (blz. 124). Leerlingen kunnen op deze manier kennis krijgen van de lange geschiedenis van de aarde met betrekking tot verschillende levensvormen.

In de eindtermen van *The living environment* wordt behandeld dat voedselwebben kunnen bestaan, omdat er door de afbraak van dode organismen steeds nieuwe voedingsstoffen beschikbaar komen (blz. 104). De beschikbaarheid van voedingsstoffen wordt ook behandeld in *The physical setting*. Hierin komt aan de orde dat de vruchtbaarheid van grond bepaald wordt door het soort resten, maar ook door de activiteit van bepaalde micro-organismen (blz. 73). Leerlingen kunnen zo leren dat in een voedselweb dood materiaal door bepaalde bacteriën en schimmels wordt afgebroken en zo opnieuw bruikbaar is voor organismen.

In de eindtermen van *The physical setting* komen energieomzettingen in de natuurkundige wereld aan de orde (blz. 85). Dit onderwerp wordt ook behandeld bij *The living environment*, daar ook in levende organismen energie kan worden omgezet van de ene in de andere vorm (blz. 120). Leerlingen kunnen leren dat zowel in de levenloze als de levende natuur energieomzettingen plaatsvinden.

In de eindtermen van *The physical setting* komt aan de orde dat energie niet vernietigd kan worden en niet kan ontstaan (blz. 85). Hetzelfde onderwerp wordt behandeld in *The living environment*. Er wordt behandeld dat de hoeveelheid materie in een systeem constant blijft (blz. 120). Zo kunnen leerlingen inzicht krijgen in het behoud van energie en materie.

In de eindtermen van *The physical setting* wordt ook aandacht besteed aan het gegeven dat mensen dingen kunnen zien omdat er lichtgolven op het oog vallen (blz. 90). In *The human organism* komt dit onderwerp ook aan de orde. Er wordt behandeld dat de mens een groot aantal visuele signalen kan opvangen (blz. 141). Op deze manier kunnen leerlingen inzicht krijgen in het visuele zintuig van de mens.

4.3.2 Samenhang via interdisciplinaire concepten

Sommige krachtige concepten worden niet alleen in de natuurwetenschappen, technologie of wiskunde gebruikt. Ze zijn niet gebonden aan een bepaalde discipline. Concepten zoals systemen, modellen, veranderingen of schaal zijn bepaalde manieren van denken in plaats van theorieën.⁷ SFAA vindt het belangrijk dat leerlingen kennis hebben van deze interdisciplinaire concepten. In de Benchmarks staat hoe in de loop der jaren de kennis hierover kan toenemen (blz. 261).

Het gebruik van interdisciplinaire concepten zorgt voor samenhang bij Science en Technology.

In de volgende subparagrafen wordt besproken wat de concepten systemen (3.2.1), modellen (3.2.2), veranderingen (3.2.3) en schaal (3.2.4) inhouden.⁸ Tevens wordt aangegeven hoe ze terug te vinden zijn in de eindtermen voor leerlingen van klas 6 tot en met 8.

⁷ In de Benchmarks is energie ook een belangrijk concept in het denken bij Science en Technology, maar omdat het deel uitmaakt van de inhoud van deze vakken is het niet als een interdisciplinair begrip opgenomen.

⁸ American Association for the Advancement of Science: Science for All Americans. Zie: <http://www.project2061.org/tools/sfaaol/Chap11.htm>.

4.3.2.1 Systemen

Door het begrip *systemen* kunnen mensen inzicht krijgen in de wereld om hen heen. Een systeem is op te vatten als een verzameling van dingen die bij elkaar horen. De delen van een systeem hebben een relatie met elkaar. De rol die elk deel speelt is duidelijk en is nodig om het systeem als geheel te begrijpen. Een systeem kan in interactie zijn met andere systemen. Een andere eigenschap is dat een systeem weer uit deelsystemen kan bestaan.

Welke onderdelen we tot een systeem willen rekenen hangt af van het doel dat we met het systeem willen bereiken. Als ons doel bijvoorbeeld is om inzicht te krijgen in de manier waarop energie door een ecosysteem loopt dan, moeten de zon en de afbraak van dode organismen worden meegenomen. Als we echter geïnteresseerd zijn in de relaties tussen roofdieren en hun prooi, dan kunnen de netgenoemde delen buiten beschouwing blijven. Kinderen denken vaak dat een systeem slechts uit losse delen bestaat. Ze vinden het moeilijk om te begrijpen dat een systeem uit delen bestaat die met elkaar in interactie zijn. Kinderen menen dat een systeem door mensen gemaakt wordt en dat systemen bepaalde definities hebben. Niets is minder waar. Het zonnestelsel als systeem bestaat uit de zon en de planeten. Manen en kometen kunnen hier ook in opgenomen worden. Van het systeem zonnestelsel is dus niet zomaar een definitie te geven.

Het is belangrijk dat leerlingen inzicht krijgen in wat de delen van het systeem zijn. Als leerlingen weten welke onderdelen tot een systeem behoren, kunnen andere systeemeigenschappen geïntroduceerd worden, zoals het onderscheid tussen gesloten en open systemen, input, throughput en output, zelfregulatie en zelforganisatie.

Leerlingen in klas 6 tot en met 8 zouden een aantal dingen moeten leren over het concept systeem. Ze kunnen zien dat het uit delen bestaat door allerlei mechanische systemen uit elkaar te halen, wanneer ze vervolgens weer in elkaar zijn gezet werken de apparaten weer. Hierdoor leren leerlingen dat alle delen van een systeem nodig zijn om te kunnen functioneren. Er is dus interactie tussen de onderdelen. Andere eigenschap die leerlingen zouden moeten kennen is dat een systeem bestaat uit subsystemen, die onderhevig kunnen zijn aan verandering (blz. 265).

Hieronder staan enkele voorbeelden van de wijze waarop het concept systeem in de eindtermen is uitgewerkt.

The nature of Technology

Leerlingen kunnen ontdekken dat in een systeem feedbackmechanismen zijn opgenomen. Hierdoor kan een systeem adequaat reageren op onverwachte situaties. Leerlingen kunnen feedbackmechanismen in bijvoorbeeld machines en het menselijk lichaam onderzoeken (blz. 50-51).

The physical setting

Bij de Physical setting komt aan de orde dat het niet uitmaakt hoe deeltjes in een gesloten ruimte met elkaar in interactie zijn (door middel van atomen); de hoeveelheid massa blijft gelijk. Zo leren leerlingen dat de hoeveelheid massa in een gesloten systeem behouden blijft (blz. 75). Tevens wordt behandeld dat de hoeveelheid energie die op een bepaalde plek verdwijnt op een andere plek met dezelfde hoeveelheid toeneemt. Door dit idee begrijpen leerlingen dat de hoeveelheid energie in een gesloten systeem gelijk blijft (blz. 84).

The living environment

Door naar cellen te kijken kunnen leerlingen leren dat levende systemen zoals planten, dieren en mensen hieruit zijn opgebouwd (blz. 112). Ook wordt behandeld dat soorten van elkaar afhankelijk zijn qua voeding en overleven. Zo kunnen leerlingen leren dat interactie een eigenschap van een systeem is (blz. 117). Verder wordt de kringloop van materie door een voedselweb uitgelegd. Hierdoor begrijpen leerlingen dat soorten van elkaar afhankelijk zijn wat betreft materie (blz. 120).

The human organism

Door met leerlingen in te gaan op de vraag wat er zou gebeuren als mensen een bepaald orgaan niet hadden, leren ze de interacties tussen orgaansystemen beter kennen (blz. 137).

4.3.2.2 Modellen

Een *model* is een zodanige versimpelde weergave van een object, dat we specifieke aspecten daarvan beter kunnen begrijpen. Er zijn verschillende soorten modellen: *fysieke*, *conceptuele* en *wiskundige*.

Een *fysiek* model is vaak een vereenvoudigde weergave van een object waar we kennis van willen hebben. Modelvliegtuigen kunnen leerlingen leren wat de eigenschappen en onderdelen van een echt vliegtuig zijn. Modellen van planten en dieren laten leerlingen kennismaken met de kenmerken van echte flora en fauna.

Een *conceptueel* model kan worden gebruikt om een onbekend object te vergelijken met een bekend object. Het onbekende object heeft een aantal eigenschappen die het bekende object ook heeft. Het concrete object wordt gebruikt om een idee te krijgen van het abstracte object. Elektrische stroom kan bijvoorbeeld worden voorgesteld als stromend water.

Een *wiskundig* model kan worden toegepast om een wiskundige relatie te vinden die een verklaring geeft voor de eigenschappen van een systeem in een bepaalde situatie.

Bijvoorbeeld de toename van de snelheid van een vallende steen kan worden weergegeven door $v=g*t$ waarbij de versnelling (g) vaststaat. Het model gaat ervan uit dat de snelheid (v) proportioneel toeneemt met de tijd (t). Hierdoor kan de snelheid van de steen in een nieuwe situatie worden bepaald.

Jonge kinderen zouden zich vooral moeten bezighouden met *fysieke* modellen, omdat die hen het meest aanspreken. In klas 6 tot en met 8 hebben leerlingen redelijk veel kennis van materie, objecten en processen. Ze kunnen leren waarom modellen gebruikt worden en wat de eigenschappen en beperkingen van verschillende modellen zijn. Leerlingen kunnen ook bepalen welk model het beste gebruikt kan worden om een bepaalde situatie te verklaren (blz. 269).

Hieronder zijn enkele voorbeelden opgenomen van eindtermen waarin naar *modellen* wordt verwezen.

The structure of matter

Leerlingen moeten inzicht krijgen in de grootte van het universum. Dit kan door hen een model te laten maken waarin de afstand en de grootte van de zon en de planeten te zien zijn (blz. 63). Leerlingen krijgen ook kennis van de fasen van stoffen en van faseovergangen. Hierdoor kunnen ze begrijpen dat atomen het gedrag van stoffen kunnen verklaren (blz. 77).

The living environment

Doordat leerlingen kennis hebben van organismen kunnen ze voorbeelden onderzoeken van afhankelijkheid tussen soorten. Modellen van ecosystemen kunnen hierbij helpen (blz. 117).

4.3.2.3 Veranderingen

Eigenschappen van systemen die ‘niet lijken te veranderen’ kunnen gebruikt worden om het systeem te begrijpen. In de natuurwetenschappen worden veel termen gebruikt die met onveranderlijkheid te maken hebben: stabiliteit, behoud van massa en energie, (dynamisch) evenwicht en symmetrie. In de Benchmarks vindt men het belangrijker dat leerlingen begrijpen wat er in zulke situaties in een systeem gebeurt, dan dat ze precies weten wat de termen inhouden.

In de natuurwetenschappen spelen *veranderingen* een belangrijke rol. De manier waarop een systeem verandert kan gebruikt worden om het gedrag van een systeem in een nieuwe situatie te voorspellen. Leerlingen moeten aangemoedigd worden om veranderingen te beschrijven, zodat ze leren dat er op verschillende organisatieniveaus veranderingen kunnen plaatsvinden. Als we naar een steen kijken, lijkt deze op zich niet te veranderen. Op andere niveaus treden wel veranderingen op. Op moleculair niveau trillen de moleculen in de steen en de aarde, waarop de steen zich bevindt, beschrijft een baan om de zon (blz. 271-272). In klas 6 tot en met 8 kunnen leerlingen met deze kennis cyclische patronen van verandering gaan onderzoeken (blz. 273).

In de volgende voorbeelden speelt het concept veranderingen een rol.

The physical setting

Leerlingen krijgen op diverse manieren kennis van veranderingen op aarde. Ze leren dat natuurrampen, zoals meteorietinslagen, in het verleden tot klimaatveranderingen hebben geleid (blz. 69). Ook wordt behandeld dat veranderingen plaats kunnen vinden door een verkwistend gebruik van de aarde door de mens. Sommige veranderingen op aarde zijn heel abrupt (zoals aardbevingen), terwijl andere (het verwerken van bergen) erg langzaam zijn (blz. 73).

Verder moeten leerlingen weten dat fasen van stoffen verklaard kunnen worden door middel van de rangschikking van kleine, bewegende delen. Zo kunnen leerlingen leren dat er in een stof *veranderingen* kunnen optreden (blz. 77).

The living environment

Doordat soorten van elkaar en van omgevingsfactoren afhankelijk zijn, kunnen leerlingen leren dat er in ecosystemen een tijdelijk, dynamisch evenwicht kan bestaan (blz. 117). Ook komt aan de orde dat er in de natuur materie uitgewisseld wordt tussen organismen onderling en tussen organismen en de omgeving. De atomen van stoffen gaan uit elkaar en vormen weer nieuwe stoffen. Ondanks dat de vorm en plaats van stoffen veranderlijk is, blijft de hoeveelheid materie gelijk (blz. 120). Tenslotte wordt behandeld dat sommige soorten met bepaalde eigenschappen meer kans op overleven hebben dan andere. Hierdoor leren leerlingen dat bij veranderingen in een omgeving bepaalde soorten zich kunnen handhaven (blz. 124).

The human organism

Leerlingen kunnen bij de ontwikkeling van de mens leren dat, hoewel de vorm van het lichaam gelijk blijft, er wel veranderingen in optreden (blz. 133).

4.3.2.4 *Schaal*

Het concept *schaal* heeft te maken met de grootte van dingen. Voorbeelden van grootheden die in grootte kunnen variëren zijn temperatuur, afstand, snelheid, lengte en tijd. Het is belangrijk dat leerlingen leren dat grootheden heel groot of klein kunnen zijn. Schaal is ook een manier om niveaus waarop we naar de wereld kijken te definiëren. Dit worden organisatieniveaus genoemd. Als leerlingen hiervan kennis hebben kunnen ze ook begrijpen dat per niveau verschillende processen plaatsvinden. Op organismaal niveau zien we dat de mens ademt, omdat zijn borstkas op en neer gaat. Op orgaanniveau zorgt een onderdruk in de longen voor de aanzuiging van lucht en op moleculair niveau wordt zuurstof gebonden aan hemoglobine.

Schaal speelt nog een andere rol. Objecten zoals gebouwen of dieren kunnen niet zomaar groter of kleiner gemaakt worden zonder dat er fundamentele dingen veranderen in hun structuur. Stel dat de lengte van een blokje gelijk is aan x en deze wordt 2 keer zo groot. Voor de oppervlakte van het blokje geldt dan dat deze kwadratisch toeneemt ten opzichte van de oorspronkelijke oppervlakte. Het volume neemt in dit geval toe tot de derde macht. Het volume van het blokje neemt proportioneel meer toe dan de oppervlakte. Een ander voorbeeld is dat een stof in poedervorm beter oplost dan een klomp stof, omdat in het eerste geval de verhouding tussen oppervlakte en inhoud groter is.

Veranderingen in schaal kunnen ook veranderingen in eigenschappen tot gevolg hebben. Een micro-organisme kan bijvoorbeeld via zijn celmembraan stoffen opnemen en afgeven aan de omgeving, omdat zijn oppervlakte relatief groot is ten opzichte van zijn volume. Een groter organisme heeft een relatief klein oppervlakte ten opzichte van zijn volume en heeft daarom longen nodig om adem te halen. Het grotere organisme heeft zich dus moeten aanpassen. Van deze aspecten van schaal zouden leerlingen ook kennis moeten hebben.

Hieronder volgen de voorbeelden die gevonden zijn wat betreft *schaal*.

The physical setting

Leerlingen kunnen leren hoe groot het universum is door modellen te maken van de relatieve afstand en grootte van de planeten tot de zon (blz. 63). Verder is het belangrijk om te bepalen of een oceaan een relatief kleine laag op aarde is of niet. Zo krijgen leerlingen inzicht in de schaal van dingen (blz. 69). Doordat leerlingen leren dat alle materie uit atomen bestaat kunnen ze begrijpen dat sommige dingen in de natuur heel klein zijn (blz. 78).

The living environment

Er wordt behandeld dat de lagen in de aarde het bewijs zijn voor een lange historie van deze planeet. Hierdoor kunnen leerlingen leren dat sommige dingen heel oud zijn (blz. 124).

4.3.3 *Samenhang door verbindingen tussen interdisciplinaire concepten*

In de Benchmarks worden verbindingen gemaakt tussen interdisciplinaire concepten, omdat diverse vakoverstijgende begrippen betrokken worden bij de behandeling van een bepaald onderwerp. Hierdoor is er samenhang via interdisciplinaire concepten onderling. Bij de behandeling van het universum worden de concepten *systemen*, *modellen* en *schaal* betrokken. Het concept *systemen* verduidelijkt dat het universum uit delen bestaat, zoals melkwegstelsels. Een *model* van het universum levert inzicht in de grootte en bouw ervan.

Het concept *schaal* laat zien dat het universum heel groot is (blz. 63).

Een ecosysteem is een voorbeeld van een *systeem* (blz. 120). De concepten *veranderingen* en *interactie* laten zien dat de rangschikking van atomen in materie kan veranderen, maar dat de totale hoeveelheid in een (eco)systeem hetzelfde blijft (blz. 75). Een *model* kan de eigenschappen van een ecosysteem verklaren (blz. 117).

De concepten *veranderingen*, *modellen* en *schaal* leveren een bijdrage als atomen worden besproken. De rangschikking van atomen kan leiden tot veranderingen in stoffen. Een model van atomen kan gebruikt worden om de fasen van stoffen te verklaren. Tevens geeft het concept *schaal* inzicht in de grootte van atomen (blz. 77-78).

Bij de behandeling van de aarde worden twee concepten betrokken. Op de aarde kunnen snelle en langzame *veranderingen* plaatsvinden (blz. 69). Door het concept *schaal* te gebruiken wordt inzicht verkregen in de zeer hoge leeftijd van de aarde (blz. 124).

4.3.4 Samenhang in vaardigheden

De vaardigheden die leerlingen leren bij Science en Technology zorgen ervoor dat zij in staat zijn om oplossingen te zoeken voor problemen. Naast het leren van rekenkundige vaardigheden leren ze ook handelingsbekwaamheden met betrekking tot het uitvoeren van natuurwetenschappelijk onderzoek en het maken van een technisch product.

Deze vaardigheden zijn onmisbaar als leerlingen antwoorden willen zoeken op vragen uit de wereld om hen heen. Doordat leerlingen bij Science en Technology dezelfde vaardigheden leren kunnen ze deze in diverse situaties toepassen.

4.3.5 Samenhang in attitudes

In paragraaf 2.1.3 zijn de attitudes besproken die leerlingen zouden moeten leren bij Science en Technology. Men vindt het belangrijk dat leerlingen eigenschappen ontwikkelen waardoor ze in staat zijn om met een nieuwsgierige, maar kritische blik naar de wereld te kijken. Deze attitudes kunnen gebruikt worden om de alledaagse wereld te verklaren. In de Benchmarks is men van mening dat kritische mensen van essentieel belang zijn om de toekomst vorm te geven. Bij zowel Science als Technology moeten leerlingen dezelfde attitudes verwerven, omdat deze gebieden onlosmakelijk verbonden zijn met de manier waarop men zal denken en voelen in de wereld van morgen.

4.4 De Benchmarks vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland

In subparagrafen worden de *kennis* (4.1), *vaardigheden* (4.2) en *attitudes* (4.2) uit de eindtermen van de Benchmarks vergeleken met de Nederlandse kerndoelen. We richten ons daarbij op leerlingen van ongeveer 12 tot en met 14 jaar.

4.4.1 Kennis

Natuur- en scheikunde

In de rubriek The nature of Science leren leerlingen onder andere hoe de natuurwetenschappen werken (blz. 17) en dat deze onderhevig zijn aan veranderingen (blz. 7). In Nederland moeten leerlingen bij natuur- en scheikunde inzicht krijgen in de natuurwetenschappen en moeten ze deze kunnen toepassen in hun dagelijkse omgeving (algemene doelstelling).

Leerlingen kunnen volgens de eindtermen van *The physical setting* de kenmerken en de opbouw van het universum beschrijven. Tevens hebben ze een idee van de grootte van het universum (blz. 64). Dit onderwerp is niet teruggevonden in de kerndoelen van de basisvorming. Dit geldt ook voor de kennis die leerlingen opdoen over de bouw van de aarde (blz. 69). Verder moeten leerlingen leren op welke manieren aardlagen ontstaan en dat hierin bewijzen te vinden zijn voor veranderingen in het leven op aarde. Tevens leren ze dat reducenten een bijdrage leveren aan de vorming van aarde (blz. 72-73). Dit is niet teruggevonden bij de kerndoelen van natuur- en scheikunde. Bij de kerndoelen van biologie is wel opgenomen dat afbraakproducten van organismen steeds opnieuw gebruikt kunnen worden. Ook wordt daar de rol van schimmels en bacteriën in de natuur besproken (kerndoelen 13c+d).

Alhoewel er verschillen zijn komen veel onderwerpen in *The physical setting* overeen met onderwerpen van natuur- en scheikunde. In de eindtermen van *The physical setting* staat dat leerlingen kennis moeten hebben van de kringloop van water (blz. 69). In Nederland ligt de nadruk meer op het gebruik van water: leerlingen zouden bijvoorbeeld kennis moeten hebben van waterzuivering (kerndoel 4). Leerlingen kunnen in Amerika de verschillende toestanden van stoffen op grond van de beweging van deeltjes begrijpen (blz. 78-79). Bij natuur- en scheikunde kunnen leerlingen eigenschappen van materialen noemen en hebben ze kennis van atomen en fasen van stoffen (kerndoelen 6a en 19). Volgens de eindtermen van *The physical setting* kunnen leerlingen begrijpen dat energie niet verloren gaat en dat het omgezet kan worden in andere vormen (blz. 85). De Nederlandse kerndoelen gaan in op voor- en nadelen van het gebruik van verschillende energiebronnen en hoe elektrische energie kan worden opgewekt (kerndoelen 8 en 11). In Amerika krijgen leerlingen kennis van licht en geluid en leren ze hoe mensen kunnen zien en horen (blz. 90). In Nederland komen de onderwerpen lenzen, eigenschappen van licht en geluid, en geluidshinder aan de orde (kerndoel 13-16). De Amerikaanse eindtermen gaan in op zwaartekracht en magnetisme (blz. 96). Ook de Nederlandse kerndoelen behandelen een aantal krachten en hun eigenschappen (kerndoelen 17-18).

Biologie en verzorging

Er zijn veel overeenkomsten tussen *The living environment*, *The human organism* en biologie. Soms zijn er wel accentverschillen. Volgens de eindtermen van *The living environment* hebben leerlingen kennis van de verschillen en overeenkomsten tussen planten en dieren en leren ze dat deze organismen afhankelijk van elkaar zijn (blz. 104). Bij biologie worden deze onderwerpen ook behandeld (kerndoelen 12 - 14). In Amerika worden asexuele en seksuele voortplanting behandeld (blz. 108). In Nederland komt de voortplanting bij de mens aan de orde. Leerlingen kunnen een mening vormen over verschillende aspecten van seksualiteit (kerndoel 5).

Bij *The living environment* krijgen leerlingen kennis van de eigenschappen en functies van plantaardige en dierlijke cellen; organen bestaan uit cellen (blz. 112). In de kerndoelen van biologie ligt de nadruk meer op de bouw en functie van organen. De functie van cellen komt wel aan de orde. Leerlingen zouden ook de overeenkomsten en verschillen tussen de mens en andere soorten moeten kunnen noemen (kerndoelen 8 en 9b). De eindtermen van *The living environment* beschrijven dat sommige soorten door hun eigenschappen beter in staat zijn om te overleven en zich voort te planten dan andere soorten (blz. 124). In Nederland kunnen leerlingen aangeven hoe planten en dieren zijn aangepast aan hun omgeving (kerndoelen 12a+b).

Leerlingen leren zowel bij *The human organism* als bij biologie (kerndoelen 6-8) dat mensen orgaansystemen hebben om verschillende functies uit te voeren. In de eindtermen

van The human organism moeten leerlingen weten dat zowel externe als interne factoren een rol spelen bij de manier waarop mensen reageren op stress (blz. 149). In Nederland ligt de nadruk op gedrag; het gedrag van de mens in een bepaalde situatie hangt van een aantal oorzaken af, zoals biologische of psychologische (kerndoel 10).

Er is een overeenkomstig voorbeeld tussen The human organism en verzorging. De eindtermen van The human organism geven weer dat bepaalde factoren gunstige of ongunstige gevolgen kunnen hebben voor de gezondheid, zoals voedselpatroon, afweer en de omgeving van de mens (blz. 145). Bij verzorging leren leerlingen het belang van een evenwichtig voedselpakket en hygiëne, maar ook verslaving en infectieziekten komen daar aan de orde (kerndoelen 7-11).

Techniek

Het is opvallend dat veel onderwerpen uit The nature of Technology en The designed world ook aan de orde komen bij techniek. In The nature of Technology wordt uitgelegd dat de natuurwetenschappen en techniek relaties met elkaar hebben (blz. 46). In de algemene doelstelling van het vak techniek komt dit terug. Ook moeten leerlingen weten dat alle technieken bepaalde gevolgen hebben en dat veel systemen controlemechanismen bevatten (blz. 51). In Nederland komen deze onderwerpen ook aan bod (kerndoelen 1 en 10).

Bij The designed world moeten leerlingen kennis hebben van eigenschappen van materialen en productieprocessen (blz. 190). Dit komt overeen met wat leerlingen in Nederland leren; leerlingen kunnen van producten de materiaaleigenschappen onderscheiden en kunnen het technisch functioneren van een bedrijf schetsen (kerndoelen 2 en 5). Zowel in Amerika (blz. 194) als in Nederland (kerndoel 8) kunnen leerlingen energieomzettingen in technische processen noemen. Leerlingen moeten bij The designed world begrijpen hoe communicatiesystemen werken (blz. 198). Ook zouden ze globaal moeten weten hoe een computer werkt (blz. 202), hetgeen in Nederland ook vaststaat (kerndoelen 9 - 13).

4.4.2 Vaardigheden

Zowel in Amerika (zie 3.2) als in Nederland (zie bijlage 1) moeten leerlingen vaardigheden leren waardoor ze in staat zijn om natuurwetenschappelijk onderzoek te doen of een technisch product te maken. In de Benchmarks staan ook wiskundige vaardigheden geformuleerd. Het is opvallend dat in de kerndoelen van het natuur- en techniekonderwijs niet gerefereerd wordt naar het algemene doel 2.4, waarin leerlingen rekenvaardigheden kunnen toepassen (zie hoofdstuk 2, noot 2). Deze handelingsbekwaamheden zijn onmisbaar bij het uitvoeren van natuurwetenschappelijk of technologisch onderzoek.

4.4.3 Attitudes

Bij de Benchmarks ligt de nadruk op eigenschappen die belangrijk zijn bij een natuurwetenschappelijke manier van denken (zie 3.3). In Nederland leren leerlingen ook attitudes waardoor ze veilig en milieuvriendelijk kunnen werken (zie bijlage 2).

4.5 Conclusies

In de Benchmarks worden 12 gebieden onderscheiden die leiden tot natuurwetenschappelijke geletterdheid. Daarvan bevatten 8 gebieden onderwerpen die ook deel uitmaken van het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs. De Benchmarks beschrijven wat leerlingen zouden moeten kennen en kunnen na het doorlopen van een bepaalde klas. Men vindt het belangrijk dat leerlingen tegelijkertijd kennis, vaardigheden en attitudes ontwikkelen. De Benchmarks zijn een hulpmiddel voor docenten om leeractiviteiten te plannen voor leerlingen in bepaalde klassen en moeten niet worden gezien als een Science en Technology curriculum.

Manieren om samenhang aan te brengen

In de Benchmarks wordt er op diverse manieren samenhang aangebracht. Zo is er samenhang in vakinhoud. Er zijn vakinhoudelijke verbindingen tussen de verschillende gebieden van Science. Tevens worden er verbindingen gelegd tussen de gebieden van Science door interdisciplinaire concepten (zie 3.2). Verbanden tussen interdisciplinaire concepten onderling zorgen ook voor samenhang (zie 3.3). Tenslotte leren leerlingen vaardigheden (zie 3.4) en attitudes (zie 3.5), die zowel gelden voor Science als voor Technology. In de Benchmarks ligt er dus veel nadruk op samenhang in het onderwijs.

Vergelijking van de Benchmarks met het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs

De onderwerpen die volgens de Benchmarks bij het natuur- en techniekonderwijs behandeld worden zijn vergelijkbaar met de Nederlandse kerndoelen. Soms zijn er accentverschillen. Er zijn onderwerpen, zoals de bouw van het zonnestelsel en groepsgedrag, die in Nederland niet bij het natuur- en techniekonderwijs aan de orde komen (zie 4.1).

Leerlingen moeten bij Science en Technology vaardigheden leren die te maken hebben met natuurwetenschappelijk en technologisch onderzoek doen, maar ook rekenkundige vaardigheden worden belangrijk gevonden. Opmerkelijk is dat er in de Nederlandse kerndoelen van het natuur- en techniekonderwijs niet gerefereerd wordt naar het algemene doel 2.4 (zie hoofdstuk 2, noot 2), waarin leerlingen rekenkundige vaardigheden zouden moeten kunnen toepassen (zie 4.2).

De Benchmarks moedigen leerlingen aan om door middel van attitudes een natuurwetenschappelijke manier van denken te ontwikkelen. In Nederland moeten leerlingen ook leren om bijvoorbeeld zorgvuldig met de natuur om te gaan (zie 4.3). Er zijn bij de Benchmarks weinig voorbeelden gevonden waarin onderwerpen uit het vak verzorging behandeld worden (zie 4.1). In Amerika ligt de nadruk vooral op natuurwetenschappen en techniek en minder op verzorging.

Eindconclusie

Volgens de Benchmarks is er veel aandacht voor samenhang in het Science en Technology onderwijs. Zo kunnen leerlingen goed verbanden leren leggen tussen de verschillende disciplines. De Benchmarks kunnen daarom als voorbeeld dienen voor de ontwikkeling van samenhangend natuur- en techniekonderwijs in Nederland. Wellicht kunnen de resultaten daarvan eerder zichtbaar zijn dan in 2061.

5 Richtlijnen voor natuur- en techniekonderwijs in Canada (Framework)

5.1 Inleiding

Van oudsher wordt het onderwijs in iedere provincie van Canada zelfstandig geregeld. Elke provincie heeft ook zijn eigen Science curriculum. Doordat de provincies niet met elkaar samenwerkten, ontstonden er verschillen in het niveau en de kwaliteit van het Science onderwijs (Aikenhead, 1998⁹).

Het Canadese Ministerie van Onderwijs nam zich voor aan deze situatie een eind te maken door voor alle provincies onderwijscurricula te ontwikkelen. In september 1993 werd door dit ministerie de ‘Victoria Declaration’ gepubliceerd met ideeën over het toekomstige Canadese onderwijs, zoals:

- het belang van levenslang leren voor mensen;
- het belang van kritische burgers voor de Canadese samenleving.

Canadezen zouden zodanig onderwezen moeten worden dat ze hun eigen levensdoelen kunnen realiseren en een bijdrage kunnen leveren aan de maatschappij.

In de verklaring wordt ook geconstateerd dat verschillende provincies al veel vergelijkbare doelen voor het onderwijs hebben. Deze doelen zouden gemeenschappelijk moeten worden gemaakt, zodat ze voor het onderwijs in heel Canada kunnen gelden. Het onderwijs moet van hoge kwaliteit zijn, zodat alle burgers straks goed kunnen functioneren in de Canadese samenleving.

In vervolg hierop werd in 1995 vanuit het Ministerie van Onderwijs een samenwerkingsverband tussen de provincies opgezet, het ‘Pan-Canadian Protocol for Collaboration on School Curriculum’. Daarin wordt erkend dat de verantwoordelijkheid van het onderwijs bij de provincies ligt en tevens wordt gesteld dat de kwaliteit van het onderwijs alleen verbeterd kan worden als de provincies samenwerken.

Dit samenwerkingsverband resulteerde in 1997 in een nationale visie op het Science curriculum: het ‘Common Framework of Science Learning Outcomes’ (afgekort tot Framework).¹⁰ Hierin staat op welke manier leerlingen van 4 tot en met 18 jaar natuurwetenschappelijk geletterd kunnen worden.

Het Framework biedt de provincies een basis om naar eigen inzichten een Science curriculum te ontwikkelen, echter wel een curriculum dat vergelijkbaar is met curricula in andere Canadese provincies.

Paragraaf 2 behandelt de doelstellingen en inhoud van het Science en Technology onderwijs volgens het Framework. In paragraaf 3 komen de manieren aan de orde waarop men samenhang in dit onderwijs heeft uitgewerkt. Paragraaf 4 behandelt de vergelijking tussen het Canadese en het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs. In paragraaf 5 volgen de conclusies.

⁹ G.S. Aikenhead (1998): STS Science in Canada, From policy to student evaluation. Zie <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/stsincan.htm>.

¹⁰ Common framework of science learning outcomes, K to 12, Zie: <http://www.cmec.ca/science/framework/index.htm>

5.2 Natuurwetenschappelijke geletterdheid

Volgens het Framework beïnvloeden natuurwetenschappelijke en technologische ontwikkelingen steeds meer het dagelijkse leven van mensen. Het is daarom belangrijk dat leerlingen natuurwetenschappelijk geletterd worden, zodat ze optimaal kunnen functioneren in de wereld van morgen. Volgens het Framework verstaat men onder natuurwetenschappelijke geletterdheid dat het Science onderwijs ertoe moet leiden dat leerlingen:

- belangstelling hebben voor natuurwetenschappelijke en technologische ontwikkelingen;
- natuurwetenschappelijke en technologische kennis gebruiken om nieuwe kennis op te doen of problemen op te lossen;
- een standpunt kunnen innemen ten aanzien van maatschappelijke of ethische kwesties op het gebied van de natuurwetenschappen of techniek;
- natuurwetenschappelijke kennis verwerven met het oog op vervolgopleidingen, beroepsuitoefening en vrijetijdsbesteding.

Het Science onderwijs bestaat uit vier pijlers, welke bijdragen aan de natuurwetenschappelijke vorming van leerlingen. In de subparagrafen wordt ingegaan op deze pijlers, te weten *Science, Technology, Society and Environment (STSE)* (2.1), *kennis* (2.2), *vaardigheden* (2.3) en *attitudes* (2.4). Deze peilers worden onmisbaar geacht om natuurwetenschappelijk geletterd te worden.

5.2.1 Science, Technology, Society and Environment (STSE)

Leerlingen moeten weten wat de aard van Science en Technology is, wat de relaties hiertussen zijn en wat de context met de maatschappij en de omgeving is. In tabel 1 staat nader omschreven wat deze pijler inhoudt.

| Science, Technology, Society and Environment | |
|---|--|
| Leerlingen moeten kennis hebben van: | Omschrijving van de onderwerpen: |
| de aard van Science. | <ul style="list-style-type: none"> - de natuurwetenschappen proberen fenomenen uit de natuur te voorspellen, te interpreteren en te verklaren; - natuurwetenschappelijke kennis is onderhevig aan veranderingen. |
| de aard van Technology. | <ul style="list-style-type: none"> - de technologie biedt oplossingen voor menselijke behoeften; - deze oplossingen zouden zo ontworpen moeten zijn dat zowel de mens als de natuur hiermee gebaat zijn. |

| Science, Technology, Society and Environment | |
|---|---|
| Leerlingen moeten kennis hebben van: | Omschrijving van de onderwerpen: |
| de relaties tussen Science en Technology | <ul style="list-style-type: none"> - de natuurwetenschappen en technologie zijn van elkaar afhankelijk; - de natuurwetenschappen en techniek kunnen het leven van mensen verbeteren. |
| de waarden en normen die gelden bij gevolgen van natuurwetenschappelijke of technologische ontwikkelingen. | <ul style="list-style-type: none"> - bepaalde natuurwetenschappelijke of technologische ontwikkelingen resulteren in maatschappelijke of milieukwesties; - op vele terreinen gelden bepaalde waarden en normen, door deze af te wegen kunnen mensen een juist standpunt innemen met betrekking tot dergelijke kwesties. |

Tabel 1. Onderwerpen die aan de orde komen bij STSE.

5.2.2 Kennis

Leerlingen doen kennis op over verschillende gebieden van de natuurwetenschappen. In het Framework zijn dit de gebieden Life Science, Physical Science en Earth and Space Science.

- Life Science betreft de groei en interactie van levensvormen in hun milieu. Aan de orde komt hun verscheidenheid, genetische continuïteit en de veranderlijke aard. Het betreft ecosystemen, biodiversiteit, organismen, de cel, biochemie en biotechnologie.
- Physical Science omvat natuur- en scheikundige onderwerpen, zoals de begrippen materie, energie en krachten. Materie gaat over de structuur en de interacties tussen componenten van materie. Het begrip energie wordt gerelateerd aan gravitatiekrachten, elektromagnetische en nucleaire krachten. Het gebied behandelt ook de wetten met betrekking tot behoud van massa, energie, moment en lading. In klas 10 (leerlingen van 15 jaar) wordt dit gebied gesplitst in natuur- en scheikunde. In de klassen 7 tot en met 9 (leerlingen van 12 - 14 jaar) worden al enkele scheikundige begrippen behandeld, zoals oplosbaarheid, viscositeit, toestanden van stoffen, atomen en moleculen.
- Earth and Space Science gaat over de aarde en het heelal. Evenals ons zonnestelsel en het heelal heeft de aarde een bepaalde vorm en structuur en kenmerkende veranderingspatronen. Het gebied betreft kennis uit de geologie, astronomie en meteorologie.

Leerlingen verwerven kennis van de natuurwetenschappen door de interdisciplinaire begrippen *veranderingen, energie, overeenkomsten en verschillen en systemen en interacties* (zie 3.3).

5.2.3 Vaardigheden

In het Framework zijn algemene vaardigheden geformuleerd die leerlingen in het onderwijs kunnen verwerven. In tabel 2 zijn deze specifiek voor Science en Technology uitgewerkt.

De genoemde volgorde van vaardigheden hoeft niet identiek te zijn voor alle natuurwetenschappelijke of technologische problemen (zie tabel 2). Om tot een oplossing te komen, heeft elk probleem een eigen volgorde van vaardigheden. Leerlingen moeten deze handelingsbekwaamheden zo kunnen toepassen dat ze voor verschillende problemen oplossingen kunnen vinden.

| | Science | Technology |
|------------------------------------|--|---|
| Algemene vaardigheden | Specifieke vaardigheden | |
| Beginnen en plannen | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - een probleemstelling formuleren en hiervoor hypothesen opstellen; - juiste experimenten bedenken om hun hypothesen te toetsen; - geschikte methoden kiezen om gegevens te verzamelen. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - praktische problemen identificeren; - een oplossing voor een technisch probleem ontwerpen en plannen; - de juiste gereedschappen kiezen om hun oplossingen te maken. |
| Uitvoeren en vastleggen | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - op adequate wijze hun experimenten uitvoeren en de juiste data verzamelen. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - op een juiste manier omgaan met materiaal en apparaten om hun ontwerp te maken. |
| Analyseren en interpreteren | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - hun waarnemingen op een juiste manier weergeven, hun resultaten verklaren en conclusies trekken. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - hun technische product testen, evalueren en verbeteren. |
| Samenwerken en communiceren | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - samenwerken als ze een taak plannen, problemen oplossen en keuzes maken; - een taak in groepjes volbrengen. | Leerlingen kunnen: <ul style="list-style-type: none"> - samenwerken als ze een taak plannen, problemen oplossen en keuzes maken; - een taak in groepjes volbrengen. |

Tabel 2. De vaardigheden die leerlingen kunnen leren bij Science en Technology volgens het Framework.

5.2.4 Attitudes

Leerlingen moeten leren om *positief aan te kijken tegen* de manier waarop natuurwetenschappelijke en technologische kennis wordt toegepast in hun omgeving en in de maatschappij. De volgende attitudes kunnen hieraan een bijdrage leveren.

- **Waardering voor de natuurwetenschappen.** Leerlingen zouden een positieve houding moeten hebben ten aanzien van de invloed van de natuurwetenschappen op hun leven. Ze zouden kennis moeten hebben van mogelijkheden en beperkingen. Het Science onderwijs kan deze houding stimuleren door in de lessen de invloed van de natuurwetenschappen aan bod te laten komen.

- **Interesse in de natuurwetenschappen.** Leerlingen zouden geïnteresseerd moeten zijn in de natuurwetenschappen. De leeractiviteiten van het Science onderwijs zouden ertoe moeten leiden dat de interesse van leerlingen wordt gewekt. Op deze manier worden ze gemotiveerd om (nog) meer te leren op dit gebied.
- **Een positieve houding met betrekking tot problemen oplossen.** Leerlingen zouden attitudes moeten ontwikkelen die van belang zijn bij het uitvoeren van natuurwetenschappelijk of technologisch onderzoek, het oplossen van problemen en het maken van keuzes. Het Science onderwijs moet zo ingericht zijn dat leerlingen dit soort attitudes kunnen ontwikkelen. Ze zouden moeten leren objectief, creatief en volhardend te zijn.
- **Bereidheid tot samenwerken.** Leerlingen moeten leren om goed samen te werken. Het Science onderwijs kan hieraan bijdragen door leerlingen in groepjes te laten werken aan alledaagse problemen. Zo leren leerlingen verantwoordelijk te zijn voor hun taak in de groep, respect te hebben voor andere meningen en de bijdragen van anderen te waarderen.
- **Zorgvuldig omgaan met het milieu.** Als leerlingen bezig zijn met natuurwetenschappen en techniek moeten ze ook zorg kunnen dragen voor hun omgeving. Het Science onderwijs zou leeractiviteiten moeten aanbieden waardoor leerlingen zich verantwoordelijk voelen voor de levende natuur.
- **Veilig omgaan met materiaal.** Als leerlingen natuurwetenschappelijk of technologisch onderzoek doen moeten ze veilig kunnen handelen. Het Science onderwijs moet ervoor zorgen dat leerlingen kennis hebben van veiligheidsprocedures en de gevaren van apparaten.

Deze attitudes kunnen leerlingen niet in korte tijd leren; het vraagt om een geleidelijk leerproces.

5.3 Manieren waarop samenhang wordt uitgewerkt

In deze paragraaf wordt ingegaan op de manieren waarop in het Framework samenhang is uitgewerkt in het Science en Technology onderwijs. In de subparagrafen wordt samenhang besproken door *STSE* (3.1), *vakinhoud* (3.2), *interdisciplinaire concepten* (3.3), *de verbindingen tussen interdisciplinaire concepten* (3.4), *vaardigheden* (3.5) en *attitudes* (3.6).

5.3.1 Samenhang door STSE

Tussen de gebieden Life Science, Physical Science en Earth and Space Science is er een samenhang vanwege hun overeenkomstige betekenis voor technologie, maatschappij en milieu. De natuurwetenschappen zijn, wat hun vooruitgang betreft, afhankelijk van ontwikkelingen in de technologie en de maatschappij.

In de eindtermen van STSE voor leerlingen van de klassen 7 tot en met 9 (12 – 14 jaar) is een voorbeeld gevonden waarbij leerlingen persoonlijke activiteiten, natuurwetenschappelijke en technologische toepassingen in verband kunnen brengen met natuurwetenschappelijke disciplines en interdisciplinaire studiegebieden. Op deze manier leren leerlingen zowel de verschillen als ook de overeenkomsten tussen natuurwetenschappelijke disciplines.

5.3.2 *Samenhang in vakinhoud*

Vakinhoudelijk hebben de drie gebieden van Science een aantal impliciete raakvlakken. Bij Earth and Space Science leren leerlingen verschillende biologische processen in verband te brengen met de manier waarop grondsoorten gevormd worden. Deze processen hebben te maken met reducenten in een ecosysteem. In Life Science wordt de rol van reducenten besproken. Ook komt hergebruik van materie aan de orde, waarbij interacties tussen planten, dieren, schimmels en micro-organismen van belang zijn. Life Science behandelt het dynamische evenwicht, de interacties tussen biotische en abiotische factoren en successie in een ecosysteem. Deze processen hangen af van de manier waarop de wereld eruit ziet. Bij Earth and Space Science wordt besproken dat veranderingen op aarde kunnen leiden tot veranderingen in een ecosysteem. Physical Science behandelt de eigenschappen van zichtbaar licht. Dit heeft te maken met de manier waarop energie wordt geleverd aan een voedselweb, namelijk door het proces van fotosynthese waarbij zonlicht een belangrijke rol speelt.

5.3.3 *Samenhang door interdisciplinaire concepten*

Leerlingen moeten bepaalde natuurwetenschappelijke kennis verwerven om inzicht te krijgen in de gebieden van Science (Life Science, Physical Science en Earth and Space Science). Het Framework vindt het belangrijk om bij de ontwikkeling van kennis uit te gaan van vier interdisciplinaire concepten. Dit betreft veranderingen, energie, overeenkomsten en verschillen en systemen en interacties.

Deze concepten zorgen voor verbindingen tussen een groot aantal disciplines van de natuurwetenschappen. Door deze interdisciplinaire concepten in het onderwijs te gebruiken kunnen leerlingen deze verbindingen beter herkennen. Zo kunnen leerlingen natuurwetenschappelijke kennis uit verschillende disciplines aan elkaar koppelen, wat de samenhang binnen het onderwijs kan vergroten. Deze interdisciplinaire concepten komen terug in de drie gebieden van Science.

In de volgende subparagrafen wordt beschreven wat de interdisciplinaire begrippen *veranderingen* (3.3.1), *energie* (3.3.2), *overeenkomsten en verschillen* (3.3.3) en *systemen en interacties* (3.3.4) inhouden en in hoeverre deze concepten terug zijn te vinden bij de eindtermen van de drie deelgebieden van het Science onderwijs voor de klassen 7 tot en met 9.

5.3.3.1 *Veranderingen*

Het begrip *veranderingen* wordt gebruikt om de natuurwetenschappelijke en technologische wereld te begrijpen. Door observaties leren de leerlingen dat sommige karakteristieken van materialen en systemen constant blijven, terwijl andere karakteristieken veranderen. De leerlingen ontwikkelen een begrip van de aard van dingen en de processen en condities waarbij verandering optreedt. Hieronder volgen voorbeelden van eindtermen van enkele gebieden van Science.

Earth and Space Science

Bij Earth and Space Science komen de aarde, het zonnestelsel en het heelal aan de orde. Leerlingen krijgen inzicht in de theorieën die de oorsprong en evolutie van het heelal verklaren, waardoor ze begrijpen dat er veranderingen plaats hebben gevonden in de tijd.

Ook krijgen leerlingen kennis over interacties tussen de aardkorst, de oceanen en het weer. Ook vulkaanuitbarstingen, aardbevingen en de vorming en verwerking van gesteentes worden behandeld. Verder komen erosie door water en factoren die zorgen voor het smelten van ijskappen aan de orde.

Life Science

Bij Life Science wordt behandeld dat bepaalde factoren kunnen leiden tot veranderingen in het genetische materiaal van cellen. Op deze manier leren leerlingen dat niet alles in de natuur constant hoeft te blijven.

Leerlingen krijgen ook inzicht in het feit dat sommige grootheden constant blijven. Ze leren bij Life Science dat massa behouden blijft in een ecosysteem, omdat het gerecycled wordt door interacties tussen verschillende soorten organismen.

5.3.3.2 Energie

Het concept *energie* geeft verklaringen voor natuurlijke fenomenen, materialen en veranderingsprocessen. Leerlingen leren een aantal soorten energie en hun eigenschappen en effecten. Bij bewegingen en andere veranderingen speelt energie een belangrijke rol. Leerlingen leren dat er in de alledaagse wereld energieovergangen kunnen plaatsvinden. Enkele toepassingen van het concept *energie* in eindtermen van Science worden hieronder behandeld.

Life Science

Bij Life Science leren de leerlingen hoe energie aan een voedselweb kan worden geleverd en aldaar wordt doorgegeven. Leerlingen kunnen zo begrijpen dat energie in een voedselweb aanwezig is en dat hierin energieoverdracht plaatsvindt.

Physical Science

Om temperatuur uit te leggen gebruiken leerlingen bij Physical Science het begrip kinetische energie en het deeltjesmodel van materie. Ook krijgen ze inzicht in de relatie tussen de toestand van een stof en veranderingen in temperatuur. Zo kunnen leerlingen begrijpen dat deeltjes in materie meer of minder kunnen bewegen door temperatuursveranderingen. De mate van de beweging van deeltjes in materie bepaalt de fase van een stof.

Verder komt stralingsenergie aan de orde. Leerlingen leren een aantal manieren waarop stralingsenergie kan worden overgedragen in materialen, namelijk door geleiding, stroming en straling. Licht is ook een vorm van energie. Leerlingen kunnen begrijpen wat zichtbaar licht is door de eigenschappen ervan te bestuderen.

5.3.3.3 Overeenkomsten en verschillen

Volgens het Framework geven de concepten overeenkomsten en verschillen handreikingen om ervaringen die leerlingen met de wereld hebben te ordenen. In eerste instantie beginnen leerlingen de eigenschappen van dingen of gebeurtenissen te herkennen, zodat ze deze van elkaar kunnen onderscheiden. In de tijd ontwikkelen ze protocollen om objecten te beschrijven en te classificeren. Zo kunnen leerlingen hun ideeën met anderen delen en reflecteren op hun eigen ervaringen.

In de eindtermen zijn de volgende voorbeelden gevonden betreffende de concepten *overeenkomsten en verschillen*.

Earth and Space Science

Bij Earth and Space Science leren de leerlingen de bouw en karakteristieken van componenten in het zonnestelsel. Hierdoor zijn ze in staat om overeenkomsten en verschillen te bepalen tussen bijvoorbeeld planeten. Een ander voorbeeld is het leren classificeren van gesteentes, mineralen en grondsoorten op grond van bepaalde eigenschappen.

Life Science

Het begrip diversiteit heeft te maken met deze interdisciplinaire concepten. Door bij Life Science de rol van producenten, consumenten en reducers in een ecosysteem te identificeren kunnen leerlingen hun diversiteit beschrijven. Zo leren ze dat bij de classificatie van soorten gebruik gemaakt wordt van onderlinge overeenkomsten en verschillen.

Er komen ook enkele voorbeelden aan de orde waarbij verschillen tussen processen of organismen besproken worden. Een voorbeeld is de vergelijking van seksuele en asexuele voortplanting. Een ander voorbeeld is de vergelijking van de functie en vorm van de menselijke voortplantingsorganen.

Physical Science

Bij Physical Science maken leerlingen kennis met een aantal eigenschappen van stoffen. Ze kunnen verschil maken tussen pure substanties en mengsels. Leerlingen kunnen de term oplosbaarheid beschrijven en factoren aangeven waardoor deze bepaald wordt. Tevens zijn ze in staat om de viscositeit van oplossingen te vergelijken en de mate waarin deze kunnen veranderen te beschrijven. Door middel van het deeltjesmodel van materie kunnen ze het verband uitleggen tussen de massa, het volume en de dichtheid van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen. Op deze manier krijgen leerlingen inzicht in overeenkomsten en verschillen tussen bepaalde stoffen.

Door de eigenschappen van zichtbaar licht en andere vormen van elektromagnetische straling met elkaar te vergelijken kunnen ze de overeenkomsten en verschillen bepalen.

5.3.3.4 Systemen en interacties

Leerlingen moeten kennis krijgen van systemen. Een systeem is een verzameling van delen die met elkaar samenhangen. Elk deel heeft een bepaalde functie. Alle delen zijn nodig om het systeem te laten functioneren. De verschillende delen zijn met elkaar in interactie.

Toepassingen van de concepten *systemen en interacties* in de eindtermen van Science komen worden hieronder genoemd.

Earth and Space Science

Bij Earth and Space Science kunnen leerlingen de belangrijkste componenten, de oorsprong en de evolutie van het heelal en de schijnbare beweging van hemellichamen beschrijven. Ze leren hoe het zonnestelsel is ontstaan en zijn in staat om de karakteristieken ervan te beschrijven. Verder worden verschijnselen in het zonnestelsel behandeld. Op deze manier leren leerlingen dat het heelal een systeem is dat uit bepaalde delen bestaat.

Ook komen de relaties tussen de litho-, hydro-, bio- en atmosfeer aan de orde. Leerlingen leren bijvoorbeeld dat gesteentes op verschillende manieren kunnen verwerken. Door middel van meteorologische, geologische en biologische processen kunnen verschillende

grondsoorten ontstaan. De interacties tussen oceaanstormen, winden en regionale klimaten worden ook behandeld. Leerlingen leren dat golven invloed hebben op de vorm van de kustlijn. Tenslotte kunnen leerlingen beschrijven wat de gevolgen kunnen zijn van het smelten van poolkappen. Door deze kennis zijn leerlingen in staat te begrijpen dat de aarde een systeem is en dat er interacties bestaan tussen de verschillende deelsystemen.

Life Science

Leerlingen krijgen bij Life Science kennis van ecosystemen. De interacties tussen producenten, consumenten en reductanten komen aan de orde. Tevens komt de kringloop van energie en materie aan bod. Hierdoor kunnen leerlingen de eigenschappen van een ecosysteem leren.

Bij Life Science leren leerlingen ook dat een cel een levend systeem is. Verder komen de verschillende organisatieniveaus van het menselijk lichaam aan de orde, te weten cellen, weefsels, organen en systemen. Tussen deze organisatieniveaus bestaan functionele en structurele verbanden. Op deze manier kunnen de leerlingen begrijpen dat het menselijk lichaam een systeem is.

Door het functioneren van verschillende orgaanstelsels te bestuderen kunnen leerlingen inzien dat het menselijk lichaam afhankelijk is van de omgeving.

5.3.4 Samenhang door verbindingen tussen interdisciplinaire concepten

In het Framework worden verbindingen gemaakt tussen interdisciplinaire concepten, omdat diverse interdisciplinaire concepten betrokken worden bij de behandeling van een bepaald onderwerp.

Bij Earth and Space Science krijgen de leerlingen inzicht in de bouw en de evolutie van het heelal. Doordat bij de uitleg gebruik wordt gemaakt van de concepten *systemen en interacties, overeenkomsten en verschillen en veranderingen* kunnen leerlingen begrijpen dat een systeem als het heelal uit verschillende vergelijkbare delen bestaat en dat het onderhevig is aan veranderingen.

Bij Earth and Space Science wordt ook de bouw van de aarde besproken. De aarde bestaat uit een aantal delen die elkaar kunnen beïnvloeden. Bepaalde catastrofale gebeurtenissen, zoals grote vulkaanuitbarstingen, kunnen grote gevolgen hebben die tot veranderingen op onze planeet kunnen leiden. Bij dit onderwerp worden de concepten *systemen en interacties en veranderingen* gebruikt. Hierdoor krijgen leerlingen kennis over de aardse deelsystemen en hun onderlinge afhankelijkheid en kunnen ze begrijpen dat de aarde een systeem is.

Bij Life Science wordt het begrip ecosysteem uitgelegd. Leerlingen leren dat een ecosysteem een *systeem* is dat uit een aantal soortenorganismen bestaat die van elkaar afhankelijk zijn.

Verder krijgen de leerlingen inzicht in het feit dat *energie* aan een ecosysteem kan worden toegevoegd en dat er energieoverdracht plaatsvindt. Ook wordt het behoud van materie in een ecosysteem behandeld. Door gebruik te maken van het concept *systemen* leren leerlingen dat een ecosysteem een voorbeeld van een systeem is.

De concepten *interacties, energie en veranderingen* brengen twee eigenschappen van een systeem aan de orde: interactie tussen delen (door energieoverdracht) en behoud van materie.

Tenslotte komen bij Life Science de relaties aan de orde tussen de massa, het volume en de dichtheid van een stof via het deeltjesmodel van materie. Later wordt het begrip kinetische energie geïntroduceerd: de toestand van een stof is afhankelijk van de

temperatuur. Door middel van de concepten *overeenkomsten en verschillen en energie* leren leerlingen dat de toestand van een stof mede bepaald wordt door de hoeveelheid kinetische energie van de deeltjes.

5.3.5 *Samenhang in vaardigheden*

Leerlingen moeten vaardigheden verwerven om natuurwetenschappelijk en technologisch onderzoek te doen, problemen op te lossen, resultaten te beschrijven, samen te werken en juiste keuzes te maken. Deze vaardigheden zijn niet specifiek voor de genoemde disciplines, maar zijn ook op andere terreinen belangrijk. Het is echter van belang dat leerlingen deze vaardigheden ontwikkelen bij het verwerven van kennis over natuurwetenschappen en technologie. Door deze vaardigheden zijn leerlingen in staat kennis in nieuwe situaties toe te passen. Hiermee worden enkele doelen van het Science en Technology onderwijs volgens het Framework bereikt, namelijk dat leerlingen hun hele leven blijven leren en zich blijven verwonderen over hun omgeving.

5.3.6 *Samenhang in attitudes*

Het Framework benadrukt het belang dat leerlingen een positieve houding ontwikkelen ten aanzien van het leren betreffende natuurwetenschappen en technologie. Ze moeten inzien dat ze deze kennis kunnen toepassen in het voordeel van henzelf, anderen of hun omgeving. Leerlingen leren respect te hebben voor hun medemens en zorg te dragen voor het milieu. Deze attitudes zijn onmisbaar als leerlingen goed willen functioneren in de wereld van morgen. Op deze manier kunnen leerlingen later kritisch nadenken over de impact van natuurwetenschappelijke en technologische ontwikkelingen en daarover weloverwogen standpunten innemen.

5.4 **Het Framework vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland**

In deze paragraaf worden de eindtermen van het Science en Technology onderwijs voor de klassen 7 tot en met 9 vergeleken met de kerndoelen van de vakken natuur- en scheikunde, biologie, techniek en verzorging (natuur- en techniekonderwijs) in de basisvorming. In subparagrafen zullen *kennis* (4.1), *vaardigheden* (4.2) en *attitudes* (4.3) vergeleken worden.

5.4.1 *Kennis*

Techniek

In Nederland is in de basisvorming het vak techniek een apart vak. Volgens het Framework wordt het vak in het Science onderwijs niet apart gegeven. Techniek vinden we vooral terug in het fundament STSE. Als we STSE vergelijken met het vak techniek in de basisvorming valt op dat de onderwerpen van STSE vooral gaan over de aard van techniek en de manier waarop de techniek zich in relatie met de natuurwetenschappen heeft ontwikkeld. Verder komt de invloed aan de orde die de techniek op de maatschappij en het milieu heeft, en wat de gevolgen kunnen zijn. Leerlingen zouden ook technische producten, die ze eventueel zelf ontworpen hebben, moeten kunnen analyseren op grond van bepaalde criteria. Deze onderwerpen komen ook aan bod in de kerndoelen van het vak techniek in de basisvorming. In Nederland wordt tevens ingegaan op onderwerpen zoals

het technisch functioneren van een productiebedrijf (kerndoel 2), energieomzettingen in een technische context (kerndoel 7) en informatie- en communicatiesystemen (kerndoel 9-13).

Biologie, natuur- en scheikunde

Als de eindtermen van Life Science, Physical Science en Earth and Space Science voor de klassen 7 tot en met 9 worden vergeleken met de kerndoelen van biologie, natuur- en scheikunde voor de basisvorming blijken er zowel overeenkomsten als verschillen te zijn. Vakinhoudelijk zijn er overeenkomsten tussen Life Science en biologie. Bij beide vakken ligt de nadruk op het verwerven van kennis van en inzicht in biologische verbanden. Een verschil is dat maatschappelijke aspecten van biologie bij het Science onderwijs terugkomen bij STSE en in het Nederlandse systeem aanwezig zijn in het vak biologie zelf. In tegenstelling met biologie in Nederland (kerndoelen 10 en 14) komt hetbtheam gedrag niet aan de orde bij Life Science.

In de kerndoelen van biologie komen een aantal interdisciplinaire concepten naar voren die ook aanwezig zijn in de eindtermen van Life Science. Bij biologie wordt gebruik gemaakt van de concepten *overeenkomsten en verschillen* om bijvoorbeeld te laten zien dat er een diversiteit aan mensen is (kerndoel 9) en dieren en planten (kerndoel 11). Ook komt het concept *interacties* terug in de vorm van afhankelijkheid. Wat betreft voedsel en voortplanting zijn organismen van elkaar afhankelijk (kerndoelen 13 en 15). Door Life Science worden begrippen zoals voedselweb en ecosysteem geïntroduceerd.

Zowel bij de vakken natuur- en scheikunde als bij Physical Science moeten leerlingen inzicht in en kennis van natuur- en scheikundige principes verwerven en verbanden leggen. Vakinhoudelijk is natuur- en scheikunde in de basisvorming uitgebreider dan Physical Science. Bij natuur- en scheikunde worden ook onderwerpen behandeld zoals het gebruik van water (kerndoel 4), cosmetica en reinigingsmiddelen (kerndoel 5 - 6), geluid (kerndoel 14 - 16) en krachten op auto's (kerndoel 18). Bij natuur- en scheikunde komen maatschappelijke en milieuaspecten met betrekking tot natuur- en scheikundige toepassingen in de basisvorming aan de orde. Bij Physical Science zijn deze bij STSE ondergebracht.

De onderwerpen die bij Earth and Space Science behandeld worden zijn niet terug te vinden in het natuur- en techniek onderwijs in de basisvorming. De eindtermen van dit deelgebied van Science zijn daarom vergeleken met de kerndoelen van het vak aardrijkskunde in de basisvorming. Bij Earth and Space Science leren leerlingen over de processen die een rol spelen bij het ontstaan van plooien en breuken op het aardoppervlak en bestuderen ze vulkaanuitbarstingen en aardbevingen. Ook komen interacties tussen oceaanstromingen, winden en klimaten aan de orde. Deze onderwerpen worden in Nederland behandeld bij aardrijkskunde. Leerlingen kunnen de ligging van natuurlijke zones met betrekking tot klimaat, reliëf, vulkanisme en aardbevingen en verschillen en overeenkomsten hiertussen bestuderen en verklaren (kerndoel 17). Earth and Space Science gaat in op de manier waarop golven de kustlijn kunnen bepalen. In Nederland kunnen leerlingen de kenmerken van landschapstypen beschrijven en de ligging en het uiterlijk hiervan verklaren met behulp van de invloed van de wind, zee, ijs, rivieren en mens (kerndoel 16).

Tenslotte kunnen Canadese leerlingen processen beschrijven van erosie evenals factoren die leiden tot het smelten van de poolkappen. Deze onderwerpen vinden we ook in Nederland, waar leerlingen in staat moeten zijn om milieuvraagstukken in de wereld te herkennen zoals ontbossing, woestijnvorming en broeikas effect (kerndoel 18). In de kerndoelen van aardrijkskunde in de basisvorming is de bouw van de aarde, het zonnestelsel en het heelal niet terug te vinden.

Verzorging

Er zijn geen vakinhoudelijke overeenkomsten gevonden tussen Science en Technology en verzorging.

5.4.2 Vaardigheden

Zowel in Canada (zie 2.3) als in Nederland (zie bijlage 1) moeten leerlingen vaardigheden verwerven waardoor ze in staat zijn om natuurwetenschappelijke en technologische problemen op te kunnen lossen.

5.4.3 Attitudes

Zowel in Canada (zie 2.4) als in Nederland (zie bijlage 2) moeten leerlingen attitudes leren waardoor ze positief en kritisch kunnen kijken naar de natuurwetenschappen en techniek en moeten ze zorgvuldig om kunnen gaan met hun omgeving.

5.5 Conclusies

Het Framework is het resultaat van een samenwerkingsverband tussen het Canadese ministerie van Onderwijs en de provincies in Canada. Men hoopt dat leerlingen in de verschillende provincies hierdoor meer uniform Science onderwijs krijgen. Het Framework beschrijft de eindtermen voor leerlingen van 4 tot 18 jaar. Leerlingen krijgen onderwijs in Life Science, Physical Science, Earth and Space Science en STSE, waarbij de relatie die de natuurwetenschappen en techniek met de maatschappij en de natuur hebben centraal staat.

Manieren om samenhang aan te brengen

In het Framework wordt samenhang op verschillende manieren uitgewerkt. Het fundament STSE zorgt voor die samenhang. Leerlingen kunnen zich realiseren dat de natuurwetenschappen en technologie zich in de tijd op een overeenkomstige manier ontwikkelden en invloed hadden op de maatschappij (zie 3.1). Door kennis op te doen over de drie gebieden van Science (Life Science, Physical Science en Earth and Space Science), waarbij gebruik gemaakt wordt van interdisciplinaire concepten (zie 2.2 en 3.3), kunnen leerlingen verbanden zien tussen de verschillende natuurwetenschappelijke disciplines. Tevens krijgen ze een beeld van de manier waarop de wereld om hen heen werkt. Doordat er een aantal raakvlakken zijn tussen de gebieden van Science leren leerlingen dat natuurwetenschappelijke disciplines niet op zichzelf staan (zie 3.2). De interdisciplinaire concepten komen bij diverse inhoudsgebieden voor, waardoor ze bijdragen tot samenhang (zie 3.4). Leerlingen leren vaardigheden en attitudes die belangrijk zijn bij zowel Science als bij Technology. Algemeen kan worden gesteld dat in het Framework veel waarde wordt gehecht aan samenhang in het onderwijs.

Vergelijking van het Framework met het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs

De inhoud van het fundament STSE komt ten dele overeen met het Nederlandse vak techniek. Beide gaan in op de aard van de techniek en de invloed van deze discipline op de samenleving. Het vak techniek gaat ook in op de manier waarop techniek in de praktijk werkt.

De onderwerpen die bij Life Science en Physical Science behandeld worden zijn vergelijkbaar met biologie, natuur- en scheikunde. Soms zijn er verschillen. Bepaalde begrippen, zoals ecosysteem, worden in Canada wel geïntroduceerd, maar niet in de

basisvorming. Bij natuur- en scheikunde wordt de stof soms uitgebreider besproken dan in Canada, bijvoorbeeld het gebruik van water en krachten op auto's. De onderwerpen van Earth and Space Science zijn niet terug te vinden in het Nederlandse natuur- en techniek onderwijs. Sommige onderwerpen zijn wel aanwezig in de kerndoelen van aardrijkskunde. In de Canadese eindtermen zijn geen voorbeelden gevonden van onderwerpen die bij het vak verzorging besproken worden.

Zowel in Canada als in Nederland moeten leerlingen vaardigheden ontwikkelen waarmee ze een natuurwetenschappelijk of technologisch probleem kunnen oplossen. In beide landen vindt men het belangrijk dat leerlingen leren om de natuurwetenschappen en techniek te waarderen en zorgvuldig met het milieu om te gaan.

Eindconclusie

Uit de inhoud van het Framework blijkt dat het belangrijk wordt gevonden dat leerlingen kennis krijgen van de aarde en het heelal. Zo kunnen leerlingen datgene wat ze bij Science en Technology leren in een breder perspectief plaatsen. Leerlingen kunnen daardoor een beter beeld krijgen van hun omgeving.

Verder wordt in het Science en Technology onderwijs veel samenhang aangebracht. Hierdoor zouden leerlingen de overeenkomsten tussen deze disciplines kunnen zien. Het Framework kan als voorbeeld gebruikt worden voor de ontwikkeling van samenhangend natuur- en techniekonderwijs in Nederland.

6 Natuur- en techniekonderwijs in Duitsland (PING project)

6.1 Inleiding

In 1989 is het Duitse project Praxis Integrierter Naturwissenschaftlichen Grundbildung (PING project)¹¹ gestart in Sleeswijk-Holstein. Dit project is een samenwerkingsverband tussen scholen, het Institut für Praxis und Theorie der Schule en het Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften van de Universiteit van Kiel.

Er zijn een aantal factoren die bijgedragen hebben aan het succes van het PING project. Enkele scholen wilde de scheiding opheffen tussen het onderwijs dat aansloot op de universiteit en het beroepsopleidingsonderwijs. Alle leerlingen zouden kennis moeten krijgen van de wereld om hen heen: niet alleen leerlingen die naar de universiteit gaan, maar ook leerlingen die een beroepsopleiding kiezen. Het gebruikelijke natuurwetenschappelijke onderwijs was gericht op kennisverwerving van de belangrijkste principes en ideeën van deze disciplines zonder dat de inhoud van het onderwijs ontleend was aan de wereld van leerlingen zelf. De docenten van deze scholen vonden het belangrijk dat leerlingen allerlei zaken uit hun eigen omgeving leerden verklaren. Het PING project voorzag in de behoefte van deze nieuwe onderwijsvisie (Black et al., 1996).

Tegenwoordig doen scholen in heel Duitsland aan dit project mee. Dit zijn vooral Gesamtschule (brede scholengemeenschappen), maar ook Realschule (een soort mavo/havo scholen) en gymnasia.

Het doel van het PING project is om te zorgen dat leerlingen in staat zijn om hun alledaagse wereld te verklaren en de mens en natuur met respect te behandelen. Het project onderzoekt op welke manier leerlingen deze doelen het beste kunnen bereiken. Ook worden voor dit onderwijs lesmaterialen ontwikkeld die op scholen worden uitgetoetst. De ervaringen die docenten met deze lesmaterialen hebben, worden gebruikt om ze eventueel te verbeteren.

Het project biedt handreikingen om leeractiviteiten te ontwikkelen voor leerlingen op verschillende niveaus. Daarmee kunnen lesprogramma's ontwikkeld worden die variëren in duur en reikwijdte. De onderwijsthema's worden open aangeboden en kunnen naar eigen inzicht worden vormgegeven, zij het dat er wordt uitgegaan van een aantal pedagogische en didactische principes.

In paragraaf 2 komt de onderwijsvisie van het PING project aan de orde. Paragraaf 3 gaat over de structuur en de inhoud van dit onderwijs. Paragraaf 4 behandelt de manier waarop het PING project hulp kan bieden bij het plannen van onderwijs. Paragraaf 5 gaat in op de manieren waarop men samenhang heeft aangebracht in het PING project. In paragraaf 6 wordt het Duitse en Nederlandse onderwijs met elkaar vergeleken en in paragraaf 7 volgen de conclusies.

6.2 Onderwijsvisie van het PING project

Het PING project houdt zich bezig met de relatie die mensen als individu, groep of samenleving met de natuur hebben. Men gaat ervan uit dat mensen de natuur nodig

¹¹ PING project. Zie: <http://ping.lernnetz-sh.de>.

hebben om te kunnen leven. Het onderwijs van het PING project moet ertoe leiden dat leerlingen goed met het milieu kunnen omgaan. De manier waarop het PING project aan deze onderwijsvisie vorm geeft, wordt is op het volgende gebaseerd. Uitgangspunt van het PING onderwijs is dat leerlingen over allerlei onderwerpen bepaalde ideeën hebben. Leerlingen krijgen door leeractiviteiten van het PING project nieuwe kennis aangereikt over een onderwerp. Op deze manier krijgen leerlingen meer inzicht in het onderwerp. Leerlingen hebben aanvankelijk bijvoorbeeld bepaalde ideeën over een aquarium. Door te onderzoeken wat er nodig is voor de inrichting van een aquarium of wat de invloed van vervuiling is op de plantengroei daarin, kunnen leerlingen nieuwe kennis over dit onderwerp verwerven. Doordat leerlingen kennis krijgen van hun omgeving kunnen ze leren om er zorgvuldig mee om te gaan.

6.3 Structuur en inhoud van de onderwijsthema's

In subparagrafen wordt de algemene *structuur* van de thema's behandeld (3.1), de *inhoud* van de thema's (3.2), de overeenkomstige *vaardigheden* (3.3) en de *attitudes* die leerlingen moeten ontwikkelen (3.4).

6.3.1 De structuur van de thema's

Het onderwijs van het PING project is bedoeld voor leerlingen van ongeveer 10 tot en met 16 jaar (klas 5 – 10). Het geïntegreerde natuurwetenschappelijke onderwijs is verdeeld in een aantal thema's, die steeds op dezelfde manier worden opgebouwd. Men gaat uit van 6 hoofdvragen, waarbij het thema 'Ich und das Wasser' (voor klas 5 en 6) als voorbeeld dient. Deze vragen gaan in op de manieren waarop mensen naar de natuur kunnen kijken.

1. Wat betekent water voor mij?
2. Wat is de aard van water? Welke eigenschappen heeft water?
3. Welke rol speelt water in de natuur en hoe verandert het daarbij?
4. Aan welke eisen moet de kwaliteit van water voldoen? Welk nut heeft water voor ons?
5. Hoe ging men vroeger met water om? Wat vond men hierbij belangrijk? Hoe gaan mensen in andere landen en culturen met water om en wat kunnen we daarvan leren?
6. Hoe kan ik/ kunnen wij met respect voor mens en milieu met water omgaan? Wat moet ik/ moeten wij daarvoor doen?

Alle thema's beginnen met de relatie die leerlingen zelf met de natuur hebben; in dit geval water. De vraag 'Wat betekent water voor mij?' moet leerlingen duidelijk maken hoe ze persoonlijk over water denken. Leerlingen moeten vervolgens kennis opdoen over water en leren hoe ze ermee om moeten gaan (vragen 2 en 3). Leerlingen leren de eigenschappen van water en de invloed daarvan op de natuur. Andere perspectieven om tegen water aan te kijken, komen aan de orde bij de vragen 4 en 5.

Cultuur heeft een grote invloed op de manier waarop mensen handelen. Zo heeft water in verschillende culturen een andere betekenis (zie vraag 5). Hoe men over de natuur denkt, hangt van de waarde af die men eraan toekent (zie vraag 4).

Door de zes hoofdvragen krijgen leerlingen inzicht in de veelzijdige relatie die de mens met de natuur heeft. Ze leren dat er zowel individuele als maatschappelijke visies op de natuur bestaan. Uiteindelijk zouden leerlingen in staat moeten zijn om als individu en als lid van de samenleving respectvol om te gaan met de natuur en met andere mensen.

6.3.2 Inhoud van de thema's

Nadat de algemene structuur van de thema's is beschreven (zie 3.1), zal in deze subparagraaf specifiekere worden ingegaan op de onderwerpen die in de thema's van klas 5 tot en met 10 (leerlingen van ongeveer 10 – 16 jaar) worden behandeld.

Leerlingen van 10 tot en met 12 jaar

Kinderen verwonderen zich over de natuur. Het onderwijs in klas 5 en 6 sluit hierop aan. De relaties die leerlingen hebben met de zon, water, lucht, bodem, planten, dieren, mensen en machines worden behandeld. Het is belangrijk dat leerlingen eerst zelf deze objecten leren herkennen. Later kan dan worden ingegaan op hun eigenschappen en functies in de natuur. Het uitgangspunt van de manier waarop kennis aangeboden wordt is de belevingswereld van de leerlingen.

Leerlingen van 12 tot en met 14 jaar

Voor leerlingen in klas 7 en 8 ligt de nadruk op wat er gebeurt als we eten, voortbewegen, zien, ons gezond houden, ons beschermen, ons kleden, bouwen, communiceren, leren of werktuigen maken. Leerlingen leren over de processen die hierbij een rol spelen. Ze krijgen zo een beter beeld van de manier waarop de wereld om hen heen werkt. Vanuit deze processen gaan leerlingen de natuur proberen te begrijpen. Ze zien dat veranderingen in hun omgeving een gevolg kunnen zijn van deze processen.

Leerlingen van 14 tot en met 16 jaar

Leerlingen in klas 9 en 10 leren dat de mens op uiteenlopende manieren de natuur beïnvloedt, bijvoorbeeld door de industrie of de landbouw. Mensen hebben ook invloed op andere mensen of maatschappijen. Andersom heeft de natuur ook zijn weerslag op de mens. Leerlingen krijgen aan de hand van deze wisselwerking kennis van natuurwetenschappelijke begrippen en principes.

Het onderwijs gaat in deze jaren in op de manier waarop mensen kennis en producten ontwikkelen, zoals nieuwe energiebronnen en genetische modificatie.

In het algemeen worden rondom de hoofdvragen van elk thema steeds een aantal leeractiviteiten gepland. Onderwerpen uit de natuur worden geïntroduceerd vanuit de belevingswereld van de leerlingen. Later worden ook meer abstracte onderwerpen behandeld. Tevens komt de manier waarop mensen denken en handelen aan de orde.

6.3.3 Vaardigheden

Vakken hebben vaak specifieke manieren om kennis te ontwikkelen. Bij natuurwetenschappelijke vakken worden er bijvoorbeeld experimenten gedaan en bij talen worden teksten verklaard. In het onderwijs volgens het PING project leren leerlingen vaardigheden die niet specifiek zijn voor één discipline. Leerlingen ontwikkelen vaardigheden die zowel bij de natuurwetenschappen als bij techniek gebruikt kunnen worden. Het gaat daarbij om de volgende vaardigheden.

- Van problemen herkennen naar vragen stellen. Bij een probleem is het noodzakelijk om de juiste vragen te formuleren. De antwoorden op die vragen kunnen het probleem oplossen.
- Van zoeken naar manieren om dingen te verzamelen en te ordenen naar ontdekken. Leerlingen zijn in staat om informatie op te zoeken om een probleem op te lossen. Als

leerlingen waarnemingen hebben gedaan, kunnen ze deze interpreteren en op een logische wijze ordenen.

- Van horen zeggen naar bestuderen en interpreteren. Als kennis gebruikt wordt om een bepaald probleem op te lossen, moet achterhaald worden of deze kennis waar is. Dit kan door deze kennis kritisch te bestuderen en te interpreteren. Leerlingen kunnen zo de juistheid van kennis bepalen.
- Van uitproberen naar onderzoeken. Als bij een vraag een antwoord voor de hand ligt, kan door nauwkeurige observatie worden bepaald of het antwoord klopt. Kennis over het onderzoeken van vermoedens gaat vooraf aan experimenteren.
- Van onderzoeken naar experimenteren. Leerlingen kunnen een hypothese opstellen voor een bepaald probleem en nagaan onder welke omstandigheden deze geldig is.
- Van uitproberen tot ontwerpen. Leerlingen kunnen een technisch apparaat ontwerpen wat aan hun wensen voldoet. Ze kunnen het in elkaar zetten, testen en eventueel verbeteren.
- Van tellen en meten naar berekenen. Leerlingen ontwikkelen rekenkundige vaardigheden.
- Van vertellen en informeren naar discussiëren. Door in groepjes te praten over vraagstukken kunnen leerlingen nagaan wat een goed antwoord is. Leerlingen leren dat er verschillende oplossingen voor een probleem zijn en dat mensen verschillende standpunten kunnen innemen. Hierdoor ontwikkelen leerlingen vaardigheden om hun eigen standpunt in te nemen.

Probleemoplossen vraagt om de inzet van veel verschillende vaardigheden. Leerlingen kunnen beginnen met een bepaalde methode en later overstappen op een andere. Ze moeten bijvoorbeeld een technisch product maken. Ze beginnen dan met vaardigheden die te maken hebben met ontwerpen en construeren. Vervolgens gaan ze verder met het optimaliseren van de werking van het product. Het apparaat kan globaal onderzocht worden en onder verschillende omstandigheden getest. Uiteindelijk wordt via een discussie bepaald in welke gevallen het product het beste werkt. Leerlingen hebben op deze wijze verschillende vaardigheden gebruikt om tot een oplossing te komen.

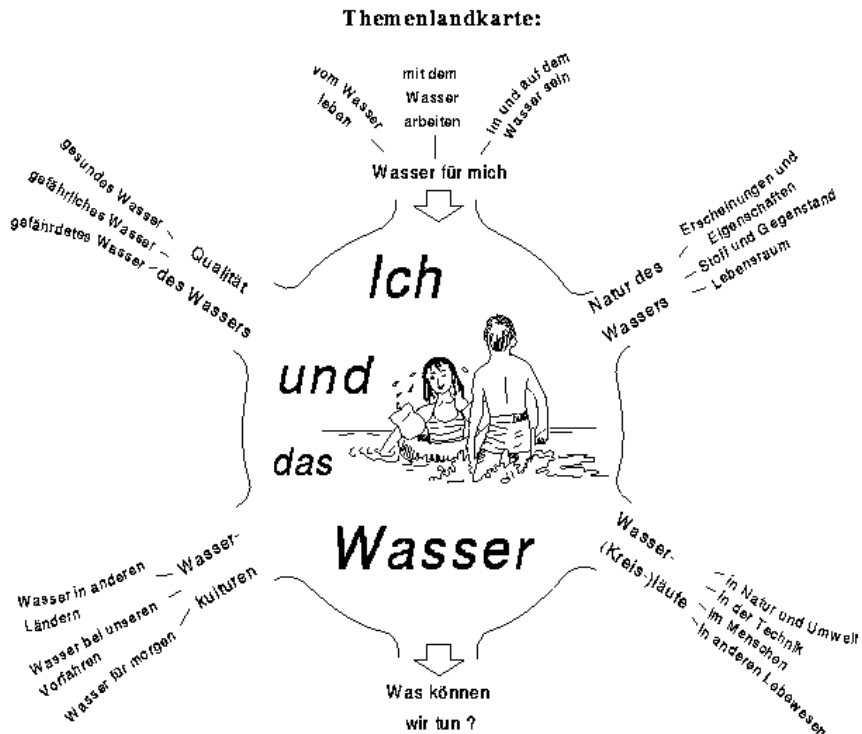
In de loop van de schooljaren moeten leerlingen de vaardigheden in steeds complexere situaties kunnen toepassen. Leerlingen in klas 5 en 6 gebruiken de vaardigheden in een eenvoudige vorm om problemen op te lossen. In klas 7 en 8 is het belangrijk dat leerlingen via onderlinge discussie bepalen welke vaardigheden de beste oplossing bieden voor een probleem. Ook moeten ze nagaan of een bepaalde methode bruikbaar is om overeenkomstige problemen op te lossen. Leerlingen in klas 9 en 10 gaan nog een stap verder. Ze leren de vaardigheden natuurwetenschappelijk toe te passen en zelf te bepalen welke methode tot de oplossing van een probleem leidt.

6.3.4 Attitudes

Het PING project vindt het belangrijk dat leerlingen leren om respectvol met mens en natuur om te gaan. Leerlingen moeten bereid en in staat zijn om weloverwogen keuzes te maken met betrekking tot kwesties op het gebied van milieu en samenleving. Dat vereist dat leerlingen kunnen samenwerken, luisteren naar anderen en discussiëren.

Leerlingen moeten zo kunnen handelen dat ze hun eigen levensdoelen kunnen verwezenlijken, waarbij die van andere mensen gerespecteerd worden.

Leerlingen moeten leren om dingen te delen. Ze kunnen begrijpen dat kennis, werktuigen en producten door iedereen gebruikt mogen worden om hun leven vorm te geven.



Figuur 1. Het schema waarin de deelthema's zijn opgenomen van 'Ik en het water'

6.4 Planning van het onderwijs

In de vorige paragraaf zijn de structuur en de inhoud van de onderwijsthema's behandeld, alsook de vaardigheden en attitudes die leerlingen moeten ontwikkelen. Deze paragraaf gaat in op welke manier het PING project docenten kan helpen om onderwijsprogramma's te plannen. Dit zal gebeuren aan de hand van het thema 'Ich und das Wasser' wat in klas 5 of 6 aan de orde komt. Ook worden de ervaringen van een docent die dit thema doceerde hierbij betrokken.

Uit paragraaf 3.1 bleek dat bij ieder thema 6 hoofdvragen zijn geformuleerd. Deze vragen verwijzen naar de perspectieven van waaruit leerlingen naar de natuur leren kijken. De hoofdvragen kunnen ook als deelthema's worden weergegeven. Voor het thema water worden de deelthema's dan:

- Water voor mij;
- De aard van water;
- De rol van water;
- De waterkwaliteit;
- De waarde van water in verschillende culturen;
- Zo gaan we zorgvuldig met water om.

Voor ieder thema bestaat een schema met daarin een korte beschrijving van alle deelthema's (zie figuur 1 voor het thema 'Ich und das Wasser'). Voor de onderwerpen die in een deelthema aan bod komen zijn door het PING project opdrachten gemaakt.

Docenten kunnen deze opdrachten gebruiken in hun onderwijs. Het deelthema ‘De waterkwaliteit’ bevat bijvoorbeeld de opdrachten: ‘Waar moeten we aan denken als we een aquarium inrichten?’ en ‘Welk soort water hebben vissen nodig?’.

Via opdrachten moeten de leerlingen kennis verwerven over hun omgeving. Hierbij komen aspecten van verschillende natuurwetenschappelijke disciplines aan de orde. De opdrachten zijn actueel, in groepsverband te maken en ontleend aan de belevingswereld van de leerlingen.

Voordat docenten hun onderwijsprogramma’s gaan plannen, is het belangrijk om na te gaan wat de voorkennis van de leerlingen is. Op die manier kan bepaald worden welke leerdoelen de leerlingen moeten halen. De docenten kunnen vervolgens een geschikte keuze maken uit de opdrachten van de deelthema’s. Het schema van de thema’s kan hierbij als hulpmiddel gebruikt worden. De volgorde van de opdrachten moet zo zijn, dat leerlingen op een logische wijze kennis en vaardigheden ontwikkelen met betrekking tot de natuur.

Volgens het PING project moet een onderwijsprogramma bestaan uit een algemeen en een individueel deel. Het algemene deel bevat leeractiviteiten die alle leerlingen moeten doen. Het individuele deel bestaat uit opdrachten waaruit leerlingen zelf kunnen kiezen.

Leerlingen kunnen zo onderwijs volgen wat hen interesseert.

In het uiteindelijke onderwijsprogramma van de docent moeten alle deelthema’s aan bod komen. Hierdoor leren leerlingen vanuit verschillende gezichtspunten te kijken naar de relatie tussen mens en natuur.

Onderstaand kader beschrijft de manier waarop een docent onderwijs heeft verzorgd over het deelthema ‘Water voor mij’.

Hij begon de lessenserie met een verhaal over een bootreis. Leerlingen konden zo op een speelse manier kennis maken met water. Daarna ging de docent kort uitleggen wat ‘Water voor mij’ inhield. De leerlingen konden goed begrijpen wat van hen verwacht werd, omdat ze een blad kregen met de doelstellingen van het deelthema.

Het begin van deze lessenserie viel samen met een ouderavond. De docent heeft het verloop van de lessenserie aan de ouders uitgelegd. Eén van de opdrachten die de leerlingen zouden gaan doen, was het inrichten van een aquarium. Na deze avond nam een leerling een aquarium mee. De docent vertelde dat de leerlingen dit mochten gaan inrichten, wat hen enorm motiveerde. Leerlingen kregen eerst opdrachten waarbij hun voorkennis geactiveerd werd. Ze moesten nadenken over de benodigheden voor het inrichten van een aquarium. Daarna moesten leerlingen opdrachten uitvoeren zoals ‘Welk water hebben vissen nodig?’ en ‘We richten een aquarium in’. Na deze opdrachten waren de leerlingen in staat om het aquarium in te richten. Vervolgens wilden de leerlingen weten hoe zuurstof in het water komt en wat de functie van waterplanten is. Door opdrachten zoals ‘Er zitten gassen in water’, ‘Waterpest zorgt voor een goede waterkwaliteit’ en ‘Hoe komt zuurstof in water?’ konden ze een antwoord vinden op hun vragen. Uiteindelijk hadden de leerlingen nieuwe dingen over een aquarium geleerd en konden ze er op een zorgvuldige manier mee omgaan.

De docent vond dat de leerlingen datgene wat ze over het inrichten van een aquarium geleerd hadden in een breder perspectief moesten kunnen plaatsen. Leerlingen zouden bijvoorbeeld kunnen onderzoeken wat er allemaal in een sloot gebeurt. Zo kunnen ze leren wat de rol van water is voor hun omgeving. Leerlingen zullen inzien dat ze zorgvuldig met water moeten omgaan, omdat dit van levensbelang is voor planten, dieren en mensen.

6.5 Manieren om samenhang aan te brengen

Dit hoofdstuk behandelt de manieren waarop men samenhang heeft aangebracht binnen het PING project. In de subparagrafen zal worden ingegaan op samenhang op het niveau in *kennis*, *vaardigheden* en *attitudes*.

6.5.1 Samenhang in kennis

Het PING project gaat uit van de relatie die leerlingen met de natuur hebben. Leerlingen krijgen kennis van hun omgeving door geïntegreerde thema's. In deze thema's worden elementen van biologie, natuur- en scheikunde, techniek en verzorging geïntegreerd opgenomen. Dit wil zeggen dat de identiteit van de vakken niet zichtbaar wordt gemaakt aan de leerlingen. Het volgende voorbeeld illustreert dit.

In 'Ik richt een aquarium in' wordt bij de uitleg van de lesstof gebruik gemaakt van kennis uit biologie, scheikunde en verzorging. Leerlingen leren dat vissen zuurstof nodig hebben (biologie), gassen in water kunnen oplossen (scheikunde) en aquariumvissen zorg nodig hebben (verzorging).

6.5.2 Samenhang in vaardigheden

Naast kennis moeten leerlingen ook vaardigheden ontwikkelen om problemen op te lossen. Deze handelingsbekwaamheden zijn niet specifiek voor een bepaald vak. Leerlingen moeten ze kunnen toepassen voor problemen met betrekking tot de natuur. Wanneer ze in staat zijn om vragen te formuleren, de juistheid van informatie na te gaan en vermoedens te onderzoeken, blijven ze hun hele leven leren. Deze vaardigheden zijn onontbeerlijk om goed te kunnen functioneren in de maatschappij.

6.5.3 Samenhang in attitudes

Leerlingen moeten leren om de natuur en hun medemens respectvol te behandelen. Ze moeten attitudes ontwikkelen waarbij verantwoordelijkheid en veiligheid met betrekking tot hun omgeving een belangrijke rol spelen.

Deze attitudes zijn niet beperkt tot één natuurwetenschappelijke discipline. Leerlingen kunnen deze gebruiken om met de hele natuur zorgvuldig om te gaan.

6.6 PING vergeleken met het natuur- en techniekonderwijs in Nederland

In subparagrafen wordt ingegaan op de *kennis* (6.1), *vaardigheden* (6.2) en *attitudes* (6.3) in het natuur- en techniekonderwijs van het PING project en de basisvorming in Nederland. We richten ons op leerlingen van ongeveer 12 tot en met 14 jaar en beperken ons tot een zeer globale vergelijking van deze onderwijsvisies.

6.6.1 Kennis met elkaar vergeleken

We maken een vergelijking met betrekking tot het onderwerp water. De relatie die leerlingen met water hebben staat in het PING project centraal. Leerlingen moeten weten wat water voor hen zelf betekent: ze hebben het nodig om te overleven. Er wordt ingegaan op de kringloop van water. Leerlingen leren welk water gezond en welk schadelijk is. Ook

wordt de functie van water in vroegere tijden behandeld. Zo hebben leerlingen vanuit diverse invalshoeken informatie gekregen over water en kunnen ze zelf nagaan hoe ze zuinig met water moeten omgaan. In Nederland is het gebruik van water (door de mens) een belangrijk onderwerp. Leerlingen leren dat er verschillende soorten water zijn. De eigenschappen en de kringloop van water komen aan de orde. Voordat mensen water kunnen gebruiken moet het gezuiverd worden. De mens gebruikt water om te drinken en voedsel te bereiden (kerndoel 4 natuur- en scheikunde). De mens en het milieu zijn afhankelijk van water (kerndoel 20 natuur- en scheikunde en kerndoel 20 biologie). In het PING project staat de relatie die leerlingen zelf met water hebben in het onderwijs centraal. In Nederland gaat men meer uit van de functie die water voor de mens heeft.

6.6.2 Vaardigheden met elkaar vergeleken

Volgens het PING project is het belangrijk dat leerlingen in staat zijn om voor eenvoudige natuurwetenschappelijke problemen vragen te formuleren, informatie op te zoeken en na te gaan of deze juist is, een hypothese op te stellen, juiste experimenten uit te voeren en conclusies te trekken uit de resultaten. Leerlingen kunnen een technisch product ontwerpen, maken en eventueel verbeteren. Ze hebben ook rekenkundige vaardigheden (zie 3.3).

Zowel in Nederland (zie bijlag 1) als in Duitsland moeten leerlingen vaardigheden leren om een natuurwetenschappelijk of technisch probleem op te kunnen lossen. Het is opvallend dat in de Nederlandse kerndoelen van het natuur- en techniekonderwijs niet gerefereerd wordt naar algemeen doel 2.4 (zie hoofdstuk 2, noot 2), waarin leerlingen rekenkundige vaardigheden kunnen gebruiken. Deze vaardigheden worden in het PING project wel genoemd.

6.6.3 Attitudes met elkaar vergeleken

In Duitsland (zie 3.4) en Nederland (zie bijlage 2) wordt het belangrijk gevonden dat leerlingen leren respect te hebben voor anderen en het milieu.

6.7 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn de doelstellingen en inhoud van het PING project aan de orde gekomen. Het project vindt het belangrijk dat leerlingen vanuit hun eigen levenswereld kennis krijgen van de natuur. Dit vereist kennis vanuit een groot gebied van de natuurwetenschappen.

Leerlingen verwerven niet alleen kennis over de natuur, maar ze leren ook het nut ervan. Ze beseffen dat mensen op verschillende manieren met de natuur om kunnen gaan. Onderwerpen uit de natuur die in klas 5 en 6 behandeld worden zijn met name ontleend aan de belevingswereld van leerlingen. In de hogere klassen wordt meer aandacht besteed aan natuurwetenschappelijke principes die een rol spelen bij alledaagse problemen.

Manieren om samenhang uit te werken

In het PING project is er op een aantal manieren samenhang aangebracht. Door geïntegreerde thema's (zie 5.1) krijgen leerlingen kennis van hun omgeving. Tevens is er samenhang in vaardigheden en attitudes (zie 5.2 en 5.3). Leerlingen kunnen deze op meerdere gebieden toepassen.

Vergelijking van het PING project met het Nederlandse natuur- en techniekonderwijs

Bij de vergelijking van het PING materiaal over water met de kerndoelen over water bij natuur- en scheikunde en biologie in de basisvorming is het volgende opvallend. In het PING materiaal staat de relatie die leerlingen met het water hebben centraal. Leerlingen moeten weten wat water voor hen betekent en leren zo om zorgvuldig met water om te gaan. In Nederland staat meer het gebruik van water door de mens centraal. Vooral de functies van water voor de mens komen aan de orde (zie 6.1). In beide landen ontwikkelen leerlingen vaardigheden om een natuurwetenschappelijk of technisch probleem op te lossen. Leerlingen moeten zowel in Duitsland als in Nederland attitudes leren om zorgvuldig en respectvol met het milieu en andere mensen om te gaan.

Eindconclusie

In het PING project staat samenhangend natuur- en techniekonderwijs centraal waarin leerlingen zich kunnen identificeren. Leerlingen zijn hierdoor persoonlijk betrokken bij het onderwijs. Ze krijgen kennis over de natuur vanuit uiteenlopende perspectieven, waarbij aspecten uit diverse disciplines aan bod komen. Ook culturele aspecten van de natuur krijgen in dit onderwijs aandacht. Leerlingen leren in de lessen om zelf te bepalen op welke manier ze hun omgeving met respect kunnen behandelen.

7 Natuur-en techniekonderwijs in Israël (MABAT-curriculum)

7.1 Inleiding

In Israël werden tot 1996 de vakken science en techniek aan leerlingen van 6 tot en met 15 jaar apart onderwezen. De docenten hadden voor beide vakken een verschillende achtergrond. Sinds 1996 is een geïntegreerd curriculum (MABAT: Science in a Technological Society) ingevoerd. De achtergrond hiervan is dat men als leidraad voor de invulling van het curriculum heeft gekozen voor de vraag ‘Wat is elementaire kennis op het gebied van natuurwetenschappen en techniek voor alle burgers in de eerste helft van de 21e eeuw?’ Bij het beantwoorden van deze vraag is het moeilijk science en techniek van elkaar te scheiden.

In de periode van 1994 tot 1996 is een syllabus geschreven door een commissie, bijgestaan door vele adviseurs. Vervolgens werden er van 1996 – 1998 over de syllabus tal van intensieve docentencursussen verzorgd, vooral over de doelstellingen en de voordelen voor leerlingen en docenten.

Het MABAT-curriculum is vanaf 1996 tot op heden verder ontwikkeld door een team bestaande uit tientallen vooraanstaande deskundigen op het gebied van natuurwetenschappen en technologie, curriculumontwikkeling, cognitieve psychologie, linguïstiek en evaluatie.

In het MABAT-project is door enkele universiteiten veel materiaal gepubliceerd, zowel in het Hebreeuws als het Arabisch, zoals het Science and Technology Education Center¹³, onderdeel van de School of Education van de Universiteit van Tel-Aviv:

- 40 leerlingboekjes over verschillende onderwerpen voor diverse leeftijdsgroepen,
- docentenhandleidingen,
- CD-Roms,
- andere hulpmiddelen.

Hiertoe rekenen we ook MATAR, The Israel Science and Technology On-Line Website, welke gericht is op 40.000 Israëliëse leraren met een E-mail platform, discussiegroepen, mededelingen pagina's en professionele fora.

Door de overheid is veel geld geïnvesteerd in het innovatieproces voor het ontwikkelen van de syllabus, het schrijven van lesmateriaal, de cursussen voor leraren verzorgd door regionale centra, de salarisbonussen voor leraren die de cursussen gevolgd hebben, de verspreiding van de boeken (gratis voor docenten), de seminars en de conferenties.

Aanvankelijk was er veel verontrusting bij docenten. De indruk is nu dat veel leraren overtuigd zijn van de voordelen van de nieuwe benadering voor hun leerlingen.

Overtuigend is vooral het benadrukken van het nieuwe doel van het onderwijs (education for citizenship): als je dat wilt bereiken moet je andere middelen hanteren dan de traditionele curricula.

Op schoolniveau blijkt teamwork van groot belang te zijn bij het vormgeven van dit onderwijs, bijvoorbeeld in de vorm van team teaching vanuit de gedachte dat niet iedereen alles hoeft te kunnen onderwijzen. Voor samenhangend onderwijs wordt praten en plannen met collega's als een essentieel onderdeel gezien.

¹³ <http://www.tau.ac.il/education/emerhin.html>

In Israël is de ervaring dat belangrijke doelgroepen voor het veranderingsproces ook de ouders en de schoolleiders zijn: ze verdienen expliciet aandacht.

Op dit moment volgen 700.000 leerlingen op 1600 scholen onderwijs met het MABAT-curriculum.

In de MABAT-benadering staat natuurwetenschappelijke en technologische geletterdheid centraal. Inhouden van het curriculum (kennis, intellectuele vaardigheden, attitudes en gedrag) zijn geselecteerd met het doel de leerling als individu en als burger beter te laten functioneren en de leerling in staat te stellen een bijdrage te leveren aan een duurzaam milieu. Een leidmotief is 'Kwaliteit van het leven verhogen'.

Rode lijnen in het curriculum zijn:

- probleemoplossend leren,
- techniek als een verlengstuk van de mens zien,
- systeembenadering toepassen,
- intellectuele vaardigheden verwerven,
- waarden leren verhelfen.

Het MABAT-curriculum wordt besproken op basis van gesprekken met sleutelfiguren, te weten Dr. Tuvia Dressler en Dr. Miri Dressler (LAMDA, Science and Technology Teacher Education Center) en Dr. Miri Kesner (Weizmann Institute). De publicaties zijn vrijwel allemaal in het Hebreeuws geschreven en zijn daardoor minder toegankelijk dan de curricula in Engels- en Duitstalige landen. Vandaar dat dit hoofdstuk beknopter is dan de andere hoofdstukken.

In paragraaf 2 wordt de inhoud van het MABAT-curriculum behandeld. Paragraaf 3 gaat in op de manieren waarop samenhang is aangebracht in dit curriculum en in paragraaf 4 volgen de conclusies.

7.2 Het MABAT-curriculum

Het curriculum kan worden gekarakteriseerd als een STS-curriculum (Science Technology Society), een benadering waarin de relatie tussen wetenschap, techniek en samenleving een centrale rol speelt (zie o.a. Solomon & Aikenhead, 1994). Inspiratie voor het MABAT-curriculum is vooral opgedaan door bestudering van publicaties van het Amerikaanse Project 2061 (zie hoofdstuk 4) en van Amerikaanse STS auteurs, zoals Bybee (1985) en Yager (1996).

In de subparagrafen worden de *thema's* (2.1), de *vaardigheden* (2.2) en de *attitudes* (2.3) van het MABAT-curriculum besproken.

7.2.1 Thema's

De inhoudelijke onderwerpen in het MABAT-curriculum vallen onder de volgende zeven thema's:

- energie en materie,
- aarde en heelal,
- levende organismen,
- ecologie en milieu,
- gezondheid en kwaliteit van het leven,
- door mensen gemaakte omgeving,
- informatie en communicatie.

Bij alle onderwerpen gaat het om kennis op het gebied van de natuurkunde, biologie, scheikunde, aardwetenschappen en techniek, zij het in verschillende mate. Per onderwerp staat beschreven welke vakspecifieke inhouden aan bod moeten en kunnen komen. Er zijn verplichte en keuze onderdelen.

Men gaat er vanuit dat leerlingen niet zelf in staat zijn om kennis uit verschillende disciplines aan elkaar te relateren. Samenhang is dus een belangrijk doel van het onderwijs. De onderwerpen komen in de loop van de jaren steeds terug, maar met meer diepgang. We kunnen daarom spreken van een spiraalvormig curriculum. De genoemde rode lijnen bevorderen ook de samenhang. Recent wordt ook meer aandacht gegeven aan transdisciplinaire begrippen, zoals aanpassing, relaties, kringloop, overeenkomsten en verschillen, behoud versus ontwikkeling.

Leerlingen die in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs een major science overwegen, moeten een of twee natuurwetenschappelijke vakken kiezen. Ten behoeve van de voorbereiding op deze keuze worden tegenwoordig vakspecifieke modules gegeven, zodat de leerlingen een indruk kunnen krijgen van de inhoud van die vakken. Ook in de syllabus voor de bovenbouw komt de laatste jaren meer aandacht voor de grensgebieden tussen de disciplines, zoals biochemie.

7.2.2 Vaardigheden

De vaardigheden die leerlingen kunnen verwerven bij het MABAT-curriculum zijn gerubriceerd als:

- verzamelen van informatie,
- verwerken van informatie,
- besluitvorming,
- generaliseren,
- conclusies trekken.

Kennis en vaardigheden worden opgedaan middels ervaringen met:

- onderzoek doen,
- gesproken taal,
- geschreven taal,
- interactie met anderen,
- multimedia.

7.2.3 Attitudes

Het is belangrijk dat leerlingen attitudes ontwikkelen waardoor ze onder andere zorgvuldig met het milieu en anderen leren omgaan. Deze attitudes zijn erop gericht dat leerlingen:

- respect kunnen tonen,
- aandacht hebben,
- zorgzaam zijn,
- milieubewust zijn.

7.3 Manieren om samenhang aan te brengen

Op diverse manieren is er samenhang aangebracht in dit curriculum. Men heeft gekozen voor geïntegreerde thema's. Alle doelstellingen die gelden zijn in de thema's opgenomen zonder dat de identiteit van de afzonderlijke vakken zichtbaar is. Ook is er samenhang via

interdisciplinaire concepten, zoals aanpassing, relaties, kringloop, overeenkomsten en verschillen en behoud versus ontwikkeling. Tevens moeten leerlingen vaardigheden en attitudes ontwikkelen die voor het hele curriculum gelden. Leerlingen leren vaardigheden zoals het verzamelen en verwerken van informatie, besluitvorming, generaliseren en conclusies trekken. Leerlingen leren attitudes die leiden tot efficiënt en respectvol handelen, zorgzaamheid en milieubewustzijn. Deze zijn niet alleen belangrijk bij Science en Technology, maar ook bij andere gebieden.

7.4 Conclusies

Het MABAT-curriculum in Israël probeert een antwoord te vinden op de vraag over welke elementaire kennis op het gebied van de natuurwetenschappen en techniek burgers moeten beschikken in de eerste helft van de 21ste eeuw. Het is een geïntegreerd curriculum, omdat bij de behandeling van thema's natuurwetenschappelijke en technische kenniselementen worden gebruikt. In Israël volgen nu ongeveer 700.000 leerlingen dit onderwijs.

Het was niet mogelijk om een gedetailleerde vergelijking te maken tussen het natuur- en techniekonderwijs in Israël en Nederland, omdat we op dit moment niet beschikken over voldoende Engelstalig materiaal uit Israël.

Manieren om samenhang aan te brengen

Er is op veel manieren samenhang aangebracht in het curriculum. Men heeft gekozen voor geïntegreerde thema's. Ook is er samenhang via interdisciplinaire begrippen. Leerlingen verwerven vaardigheden en attitudes die voor het hele curriculum gelden. Deze kunnen ze toepassen op allerlei gebieden.

Eindconclusie

Het MABAT-curriculum is een vergaande vorm van vakkenintegratie die om nadere bestudering vraagt.

8 Samenvatting en conclusies

8.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is geïllustreerd hoe in het buitenland op uiteenlopende wijzen vorm wordt gegeven aan samenhang in het onderwijs op het gebied van natuur en techniek. We realiseren ons dat alle landen een eigen onderwijs traditie hebben, ten aanzien van vakkenintegratie, de verantwoordelijkheid voor de inrichting van het onderwijs, en het systeem van bevoegdheden. Elders ontwikkelde vormen zijn niet zonder meer overdraagbaar naar andere landen. Maar er valt wel het een en ander te leren van de manieren waarop elders samenhangend onderwijs wordt nagestreefd. Het meenemen van deze strategieën is met name interessant op het moment dat er keuzes moeten worden gemaakt ten aanzien van de inrichting van leergebieden in de Nederlandse basisvorming.

In de hoofdstukken 3 t/m 7 zijn per land de resultaten gepresenteerd van de analyse van leerplandocumenten. Daarbij zijn in kaart gebracht de structuur van het leergebied, de achterliggende visie en de wijzen waarop samenhang is nagestreefd. Bij de analyse van de samenhang in het curriculum is expliciet aandacht besteed aan vakinhoud, vaardigheden en attitudes.

In dit slothoofdstuk presenteren we voor elk van deze analysepunten eerst de resultaten per land. Vervolgens trekken we hieruit enkele generale conclusies. Tenslotte passen we de resultaten toe op de Nederlandse situatie en geven we enkele aanbevelingen voor de inrichting van een leergebied natuur en techniek in de basisvorming.

8.2 Visies op het onderwijs in natuur en techniek

In *Schotland* is het hoofddoel van het natuur- en techniekonderwijs dat leerlingen de wereld waarin ze leven leren begrijpen. Ze ontwikkelen kennis en vaardigheden waardoor ze in staat zijn om te functioneren in hun eigen omgeving en zorgvuldig om te gaan met de natuur. Ze ontwikkelen zich tot kritische personen die een actieve rol kunnen spelen in de samenleving.

In het *Amerikaanse* project 2061 wordt geconstateerd dat kennis uit natuurwetenschappen, technologie en wiskunde een steeds belangrijkere rol is gaan spelen in de samenleving. Daarom is het noodzakelijk dat volwassen mensen begrijpen wat deze disciplines inhouden en hoe de levende natuur en de door mensen gemaakte wereld functioneren. Dat vereist kennis, vaardigheden en attitudes die met dit oogmerk zijn geselecteerd voor het onderwijs. Leerlingen leren daarbij kritisch en objectief te denken, afwegingen en keuzes te maken, en problemen op te lossen. Dit wordt belangrijk geacht om goed in de maatschappij te kunnen functioneren.

Ook in het *Canadese* Framework wordt gesignaleerd dat natuurwetenschappelijke en technologische ontwikkelingen steeds meer het dagelijkse leven van mensen beïnvloeden. Het is belangrijk dat leerlingen ‘natuurwetenschappelijk geletterd’ worden, omdat ze dan optimaal kunnen functioneren in de wereld van morgen. Het Science onderwijs moet ertoe leiden dat leerlingen belangstelling hebben voor natuurwetenschappelijke en technologische ontwikkelingen. Ze moeten natuurwetenschappelijke en technologische kennis kunnen gebruiken om nieuwe kennis op te doen of problemen op te lossen. Ook

dienen leerlingen in staat te zijn om een standpunt in te nemen ten aanzien van maatschappelijke of ethische kwesties waarin natuurwetenschappen of techniek een rol spelen.

Het *Duitse* PING project streeft er naar dat leerlingen hun alledaagse wereld kunnen verklaren. Een centrale rol speelt daarbij de relatie met de natuur: de mens heeft de natuur nodig om te kunnen leven. Een centraal doel van het onderwijs is dat leerlingen in staat zijn zorgvuldig om te gaan met natuur en medemens.

Het *Israëliëse* MABAT-curriculum tracht een antwoord te geven op de vraag welke elementaire basiskennis gewenst is voor burgers in de eerste helft van de 21e eeuw. Die visie lijkt sterk beïnvloed door het Amerikaanse project 2061.

8.3 De structuur van de curricula

In *Schotland* bestaat het leergebied Environmental Studies uit Social Studies, Science en Technology. Social Subjects is verder onderverdeeld in drie subgebieden, vergelijkbaar met geschiedenis, aardrijkskunde en maatschappijleer. Science is gesplitst in de subgebieden Earth and space, Energy and forces en Living things and the processes of life. Technology is niet verder onderverdeeld. Algemeen voor het leergebied en per gebied zijn doelen geformuleerd ten aanzien van vaardigheden en attitudes.

In de *Vereenigde Staten* wordt in het project 2061 een groot gedeelte van de natuurwetenschappen, technologie en wiskunde tot het Science onderwijs gerekend. De kennis die leerlingen over deze disciplines moeten ontwikkelen is verdeeld over 12 gebieden. Zes daarvan zijn te vatten onder de rubrieken natuur- en scheikunde, natuur & milieu, de mens, techniek, wiskunde en sociale wetenschappen. Vier hebben te maken met ANW-achtige onderwerpen: de aard van natuurwetenschappen, van techniek en van wiskunde, en de geschiedenis van de natuurwetenschappen. Dan resteren nog twee gebieden. Het ene gebied (Common Themes) omvat de kennis die leerlingen moeten hebben over vier interdisciplinaire begrippen (systemen; modellen; veranderingen; schaal). Het andere gebied (Habits of mind) beschrijft de typen vaardigheden en attitudes die leerlingen moeten verwerven met betrekking tot natuurwetenschappen en techniek.

In *Canada* wordt het Science onderwijs volgens het 'Common Framework of Science Learning Outcomes' opgezet vanuit vier fundamenten:

- *Science, Technology, Society and Environment*: de relaties tussen de natuurwetenschappen en techniek en hun invloed op de omgeving en de maatschappij staan centraal, aspecten die in Nederland vooral in het vak ANW aan bod komen.
- *Kennis*: leerlingen krijgen kennis over een breed gebied van de natuurwetenschappen (Life Science, Physical Science en Earth and Space. Science) waarbij vier interdisciplinaire begrippen (veranderingen; energie; systemen en interacties; overeenkomsten en verschillen) een belangrijke rol spelen.
- *Vaardigheden* die betrekking hebben op natuurwetenschappen en technologie, zowel algemeen als specifiek voor een van beide.
- *Attitudes* die betrekking hebben op het gebruik van natuurwetenschappelijke en technologische kennis.

Het *Duitse* project ‘Praxis Integrierter Naturwissenschaftlichen Grundbildung’ (PING) biedt kennis van de natuurwetenschappen aan op een zeer geïntegreerde wijze. In de thema’s krijgen leerlingen vanuit diverse perspectieven kennis van hun omgeving. Ze leren wat de natuur voor henzelf en andere mensen betekent. Leerlingen leren daarbij diverse vaardigheden om natuurwetenschappelijke en technologische problemen op te lossen en verwerven attitudes om zorgvuldig met de natuur om te gaan.

Het *Israëliëse* MABAT-curriculum is geïntegreerd ten aanzien van natuurwetenschappen en techniek. De inhoud is onderverdeeld in zeven thema’s: Energie en materie; Aarde en heelal; Levende organismen; Ecologie en milieu; Gezondheid en kwaliteit van het leven; door mensen gemaakte omgeving; en Informatie en communicatie. Bij alle onderwerpen gaat het om kenniselementen uit natuurkunde, biologie, scheikunde, aardwetenschappen en techniek, al verschilt de verhouding daarin per thema. Vaardigheden en wenselijke gedrag worden apart omschreven.

8.4 Samenhang in vakinhoud

In de Schotse Guidelines zijn enkele voorbeelden van onderwerpen gevonden die bij verschillende gebieden van Science behandeld worden. Deze vakinhoudelijke dwarsverbindingen blijven verder impliciet.

In de Benchmarks van het *Amerikaanse* project 2061 vinden we vele voorbeelden van onderwerpen die bij de verschillende gebieden van Science behandeld kunnen worden. De dwarsverbindingen zijn expliciet aangegeven in de Atlas of Science Literacy (AAAS, 2001) door middel van begrippenkaarten waarin verbindingen worden gelegd tussen onderwerpen. Inhoudelijke samenhang wordt ook nagestreefd door gebruik van vier interdisciplinaire begrippen: systemen, modellen, veranderingen en schaal. Deze interdisciplinaire concepten komen aan bod in verschillende gebieden van Science. Additionele samenhang wordt gecreëerd door aandacht te schenken aan de relaties tussen deze vier interdisciplinaire begrippen.

In het *Canadese* Framework zijn eveneens voorbeelden van onderwerpen gevonden die bij verschillende gebieden van Science behandeld worden. Ook de aandacht voor interdisciplinaire begrippen kan bijdragen aan versterking van de inhoudelijke samenhang in het onderwijs. Het gaat in het Framework om de begrippen: veranderingen, energie, systemen en interacties, en overeenkomsten en verschillen. Deze interdisciplinaire begrippen worden aangetroffen bij onderwerpen uit verschillende gebieden van Science. Vergeleken met het Amerikaanse project 2061 valt op dat de vakinhoudelijke dwarsverbindingen in het Framework meer impliciet blijven.

In het *Duitse* PING project worden onderwerpen vanuit de natuurwetenschappen als één geheel benaderd. Dit wil zeggen dat leerlingen kennis verwerven van thema’s vanuit de biologie, natuur- en scheikunde. Hierdoor zijn veel impliciete verbindingen aanwezig tussen de natuurwetenschappen.

Ook in het *Israëliëse* MABAT-curriculum wordt samenhang aangebracht door een bepaald onderwerp te behandelen met natuurwetenschappelijke en technische kenniselementen. In Israël wordt ook aandacht geschonken aan interdisciplinaire concepten zoals aanpassing, relaties, kringloop, overeenkomsten en verschillen, en behoud versus ontwikkeling.

8.5 Samenhang in vaardigheden

In de *Schotse* Guidelines wordt aandacht besteed aan vaardigheden die gelden voor de gebieden Science en Technology, bijvoorbeeld waarnemingen beschrijven en een verslag over de resultaten schrijven. Ook moeten leerlingen vaardigheden leren die specifiek van toepassing zijn op de natuurwetenschappen of de techniek.

In de *Amerikaanse* Benchmarks zijn gemeenschappelijke vaardigheden geformuleerd, zoals met een computer kunnen omgaan en informatie kunnen opzoeken. Andere gemeenschappelijke vaardigheden die gelden voor alle exacte vakken zijn: grafieken lezen, tabellen maken en resultaten kritisch beschouwen. Ook moeten leerlingen vaardigheden leren die specifiek van toepassing zijn op de natuurwetenschappen of de techniek. Deze hebben te maken met het oplossen van een natuurwetenschappelijk of technologisch probleem.

Het *Canadese* Framework bevat vaardigheden die een zeer brede toepassing hebben, zoals kunnen samenwerken en communiceren. Waarnemingen weergeven en conclusies trekken zijn vaardigheden die gelden voor de exacte vakken. Leerlingen moeten ook vaardigheden verwerven waardoor ze in staat zijn natuurwetenschappelijke of technische problemen op te lossen. Deze zijn dan specifiek op de natuurwetenschappen of de techniek van toepassing.

In het *Duitse* PING project zijn vaardigheden geformuleerd die gemeenschappelijk zijn voor het gehele Science onderwijs, zoals informatie kunnen opzoeken en in staat zijn om te rekenen. Leerlingen moeten ook vaardigheden verwerven waardoor ze in staat zijn natuurwetenschappelijke of technische problemen op te lossen. Deze zijn dan specifiek op de natuurwetenschappen of de techniek van toepassing.

Ook in het *Israëlische* MABAT-curriculum wordt aandacht besteed aan vaardigheden en deze gelden voor het gehele curriculum: verzamelen en verwerken van informatie, besluitvorming, generaliseren en conclusies trekken.

8.6 Samenhang in attitudes

In de *Schotse* Guidelines zijn beschrijvingen opgenomen van attitudes die gemeenschappelijk zijn voor het hele leergebied, zoals zorgvuldig omgaan met het milieu en respect hebben voor verschillen in waarden en normen. Wat betreft attitudes die gelden voor natuur en techniek moeten leerlingen zorgvuldig en veilig kunnen werken.

In de *Amerikaanse* Benchmarks zijn attitudes beschreven die van toepassing zijn op alle exacte vakken zoals nieuwsgierig en kritisch zijn, en positief staan ten aanzien van de natuurwetenschappen en de techniek.

Het *Canadese* Framework bevat attitudes beschreven die gemeenschappelijk zijn voor het hele onderwijs: leerlingen moeten respect hebben voor anderen, zorgvuldig met het milieu omgaan en bereid zijn om samen te werken. Daarnaast zouden leerlingen attitudes moeten ontwikkelen die specifiek gelden voor de exacte vakken, zoals positief aankijken tegen de natuurwetenschappen en techniek, en veilig kunnen omgaan met materiaal.

In het *Duitse* PING-project staat centraal dat leerlingen het milieu en andere mensen met respect dienen te behandelen. Dit vereist attitudes ten aanzien van verantwoordelijkheid en veiligheid die geldend zijn voor het gehele leergebied.

In *Israël* wordt aandacht besteed aan attitudes die leiden tot efficiënt en respectvol handelen, zorgzaamheid en milieubewustzijn.

8.7 Conclusies uit de vergelijking tussen de vijf landen

We kunnen constateren dat er qua onderwijsvisie geen grote verschillen zijn. In alle gevallen ligt voor de leeftijdsgroep 12 - 15 jaar de nadruk op het verwerven van kennis, vaardigheden en attitudes die buitenschools functioneel moeten zijn. Soms ligt de nadruk wat meer op natuurbeleving, soms meer op besluitvorming.

Er zijn wel grote verschillen in de manier waarop de curricula zijn ingedeeld, soms volledig geïntegreerd, soms zodanig dat de traditionele vakindeling heel herkenbaar is. Vakinhoudelijk zijn de verschillen beperkt, zij het dat in de meeste onderzochte landendocumenten meer aandacht is voor aarde en heelal dan in de Nederlandse basisvorming gebruikelijk is. Ten aanzien van vaardigheden en attitudes zien we ook veel overeenstemming tussen de landen.

Opmerkelijk is dat in de Verenigde Staten, Canada en Israël gebruik wordt gemaakt van interdisciplinaire begrippen. Deze kunnen potentieel een belangrijke bindende rol spelen in het onderwijs op het gebied van natuur en techniek. In de Verenigde Staten zijn deze begrippen het meest uitgewerkt in hun omschrijving maar ook in hun samenhang met diverse onderwerpen en met het onderwijs in de voorafgaande en daaropvolgende klassen. In het Nederlandse onderwijs in natuur en techniek in de basisvorming krijgen interdisciplinaire begrippen nauwelijks of geen aandacht.

8.8 De inrichting van het leergebied natuur en techniek in Nederland

In de basisvorming staan we in Nederland voor het probleem hoe om te gaan met de brede algemene vorming van leerlingen van 12 - 15 jaar. De sinds 1993 gevolgde strategie, het aanbieden van onderwijs in 15 tot 20 afzonderlijke vakken met slechts op metaniveau aanwijzingen voor samenhang en met een speciale positie van de nieuwe vakken techniek en verzorging, blijkt een aantal nadelen te hebben, zoals gebrek aan samenhang, veel leswisselingen, minder intensief contact tussen leerlingen en docenten, en versnippering van aandacht van de leerlingen. Er zullen dus andere wegen gevonden moeten worden. De Onderwijsraad (2001) pleit voor de inrichting van leergebieden, bijvoorbeeld een leergebied Science dat inhouden van de vakken natuur- en scheikunde, biologie, techniek en verzorging zou moeten omvatten. Hoe zou zo'n leergebied kunnen worden ingericht? In deze paragraaf proberen we antwoord te geven op deze vraag op basis van onze analyse van de buitenlandse leerplandocumenten.

Een vergaande vorm van integratie (zoals in Israël) heeft het voordeel dat er veel crossdisciplinaire verbindingen kunnen worden gelegd. De functionaliteit van kennis en vaardigheden in de moderne samenleving staat centraal en heldere positionering van de verschillende disciplines heeft een lagere prioriteit. Een nadeel van deze aanpak is dat integratie op meso- en microniveau dwingend wordt opgelegd. Dat lijkt voor de Nederlandse basisvorming niet verstandig om diverse redenen:

- Het beperkt de vrijheid van scholen om het onderwijs op een eigen manier in te

richten, rekening houdend met de onderwijsvisie van de school, de populatie leerlingen en de beschikbare expertise van de docenten.

- Het sluit slecht aan op de onderwijstraditie van gescheiden vakken in Nederland en roept waarschijnlijk veel weerstand op bij docenten die zich graag willen beperken tot onderwijs in de discipline waarvoor ze zijn opgeleid.
- Het is de vraag of leerlingen op deze wijze wel zicht kunnen krijgen op de waardevolle karakteristieke aspecten van de verschillende disciplines, mede met het oog op de voorbereiding op het vervolgonderwijs.

Het Duitse PING leerplan is interessant vanwege de gekozen invalshoek: de omgeving van de leerling. Als bron voor het ontwikkelen van projecten op schoolniveau lijkt het materiaal van het PING-project erg bruikbaar. Ook hier gelden echter dezelfde bezwaren die kunnen worden aangevoerd tegen het Israëliëse leerplan.

De Schotse wijze van indelen van het leergebied sluit beter aan bij de Nederlandse traditie: de vakken blijven herkenbaar, er is ruimte voor scholen om eigen arrangementen te kiezen, terwijl er toch meer samenhang zichtbaar is dan in het huidige programma van afzonderlijke vakken. Nadeel van de Schotse aanpak is dat de inhoudelijke samenhang nauwelijks geëxpliciteerd en gestimuleerd wordt.

De Amerikaanse en Canadese leerplannen splitsen het leergebied science op in herkenbare eenheden, overeenkomend met de huidige vakken natuur- en scheikunde, biologie, techniek en een deel van de aardrijkskunde. Daarnaast wordt echter explicieter aandacht besteed aan de inhoudelijke samenhang tussen de deelgebieden, middels interdisciplinaire concepten zoals *veranderingen*, *energie*, *systemen*, *interacties*, *modellen en schaal*. In het Amerikaanse leerplan wordt zelfs ingegaan op de samenhang tussen de interdisciplinaire begrippen. Een dergelijke aanpak biedt ruimte aan scholen maar is niet vrijblijvend in het doel meer samenhangend onderwijs tot stand te brengen.

Op grond van bovenstaande overwegingen zijn wij van mening dat de Amerikaanse indeling van het leergebied de beste mogelijkheden biedt om enerzijds meer samenhang te bieden in het onderwijs en anderzijds de specifieke elementen uit de afzonderlijke disciplines tot hun recht te doen komen. Daarnaast biedt deze indeling de mogelijkheid op het niveau van de school tot verschillende vormen van inrichting van het onderwijs te komen. Uitgevers kunnen op de wensen van scholen inspelen door in hun leergangen verschillende uitwerkingen van het leergebied uit te werken.

8.9 Aanbevelingen

Op grond van de analyse van de ontwikkelingen in de geselecteerde landen komen we tot de volgende aanbevelingen voor de inrichting van het natuur en techniek onderwijs in de Nederlandse basisvorming:

- ontwikkel een programma voor het leergebied natuur en techniek (of Science) waarin de kerndoelen van de verschillende disciplines herkenbaar aanwezig zijn, dat samenhangend onderwijs sterk bevordert en dat scholen ruimte laat het onderwijs op een eigen manier vorm te geven;
- werp geen nieuwe schotten op door het leergebied Science op leerplanniveau te splitsen in afzonderlijke leergebieden voor de levende en dode natuur: dwarsverbindingen tussen biologie/verzorging enerzijds en

natuurkunde/scheikunde/techniek zijn zowel in de samenleving als de wetenschap steeds sterker aan het worden; de interdisciplinaire concepten in de Amerikaanse en Canadese leerplannen illustreren dit; scholen die hun onderwijs zelf zo willen indelen moeten daartoe echter de ruimte krijgen;

- breng op leerplanniveau samenhang aan door afstemming van vaardigheden, attitudes en inhoud; met name de inhoudelijke samenhang vereist een conceptuele analyse die verder gaat dan louter verwijzen naar een ander kerndoel; de Amerikaanse publicatie *Atlas of Science Literacy* (AAAS/NSTA, 2001) geeft tal van voorbeelden hiervan;
- besteed niet alleen aandacht aan de samenhang binnen het leergebied voor de basisvorming, maar ook aan de afstemming met het basisonderwijs en de profielen vmbo, havo en vwo; ook hiervan zijn veel voorbeelden te vinden in de *Atlas of Science Literacy*, die zich richt op de leeftijdsgroep 5 - 18 jaar;
- gebruik voorbeelden uit de Israëlische en PING-programma's om te illustreren hoe op schoolniveau onderdelen van het leergebied kunnen worden uitgewerkt.

Dit onderzoek heeft ook zijn beperkingen: er is voornamelijk gebruik gemaakt van leerplandocumenten en er zijn geen bezoeken gebracht aan de betreffende landen. Voor de nadere uitwerking van het leergebied valt aan te bevelen onze bevindingen aan te vullen met een bezoek aan bijvoorbeeld de Verenigde Staten en Duitsland teneinde meer praktijkervaringen te betrekken bij de inrichting van samenhangend onderwijs voor het leergebied natuur en techniek.

Referenties

- American Association for the Advancement of Science (2001). *Atlas of Science Literacy*. Washington, DC: AAAS-NSTA.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Science Literacy, Project 2061*. Oxford University Press.
- Black, P. & Atkin, J.M. (1996). *Changing the subject. Innovations in science, mathematics and technology education*. London: Routledge.
- Bybee, R. (1985). *NSTA Yearbook, Science-Technology-Society*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Eijkelhof, H.M.C. (1999). Vakkenintegratie natuurwetenschappen in de eerste fase van het voortgezet onderwijs: droom of nachtmerrie. Discussiepaper in opdracht van de Stichting Axis.
- Geraedts, C.L., Boersma, K.Th., Huijs, H.A.M. en Eijkelhof, H.M.C. (2001). *Ruimte voor SONATE. Onderzoek naar good practice op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de basisvorming*. Delft: Stichting Axis.
- Inspectie van het Onderwijs (1999). *Werk aan de basis. Evaluatie van de basisvorming na vijf jaar*. Utrecht: Inspectie van het Onderwijs.
- Knuver, J.M.W. et al.(1997). *Rekenen-wiskunde en natuuronderwijs op de basisschool (Nederlandse aandeel in TIMSS populatie 1)*. Onderzoek Centrum Toegepaste Onderwijskunde.
- Kuiper, W.A.J.M. et al.(1997). *Wiskunde en de natuurwetenschappelijke vakken in leerjaar 1 en 2 van het voortgezet onderwijs. (Nederlandse aandeel in TIMSS populatie 2)*. Onderzoek Centrum Toegepaste Onderwijskunde.
- Learning and Teaching Scotland (2000). *Environmental Studies, Society, Science and Technology*, 5-14 National Guidelines, Queen's Printer.
- Onderwijsraad (2001). *De basisvorming: aanpassing en toekomstbeeld. Voorstellen voor de korte termijn en een verkenning voor de lange termijn*. Onderwijsraad, 20010428/592.
- Solomon, J. & Aikenhead, G. (1994). *STS Education: international perspectives to reform*. New York: Teachers College Press.
- Souter, N. (2002). 5-14 in *Scotland, Extending integration and attainment? Or denying progress?* (handouts bij voordracht op ASE-conferentie, Liverpool 2002).
- Yager, R.E. (1985). *Science/Technology/Society as Reform in Science Education*. Albany, NY: SUNY Press.

Bijlagen

1 Vaardigheden bij het natuur- en techniekonderwijs in de basisvorming

BIOLOGIE draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende vaardigheden. Het gaat hierbij om:

- het op een relatief hoog abstractieniveau hanteren van informatie uit eigen waarnemingen: ordenen, bewerken en beoordelen (algemene onderwijsdoelen 2.3 en 3.1);
- het ontwikkelen van een methodische aanpak voor het onderzoeken van een natuurwetenschappelijk vraagstuk, ook via veldwerk (algemeen onderwijsdoel 3.5);
- het gebruiken van informatie- en communicatietechnologie om gegevens te verwerken en te bewerken, en om processen te stimuleren en daarmee inzichtelijk te maken (algemeen onderwijsdoel 2 en 3);
- het doen van waarnemingen en deze vastleggen, ook in de natuur (veldwerk) (kerndoel 1);
- het verrichten van experimenteren, ook in de natuur (veldwerk) (kerndoel 1);
- het zo zelfstandig mogelijk voorbereiden, uitvoeren en beschrijven van een eenvoudig natuurwetenschappelijk onderzoek van beperkte omvang (kerndoel 3).

NATUUR- EN SCHEIKUNDE draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende vaardigheden. Het gaat hierbij om:

- het op een relatief hoog abstractieniveau hanteren van informatie uit eigen waarnemingen: ordenen, bewerken en beoordelen (algemene onderwijsdoelen 2.3 en 3.1);
- het ontwikkelen van een methodische aanpak voor het onderzoeken van een natuurwetenschappelijk vraagstuk (algemeen onderwijsdoel 3.5);
- het gebruiken van informatie- en communicatietechnologie om gegevens te verwerken en te bewerken, en om processen te stimuleren en daarmee inzichtelijk te maken (algemene onderwijsdoelen 2 en 3);
- het zo zelfstandig mogelijk voorbereiden, uitvoeren en beschrijven van een eenvoudig natuurwetenschappelijk onderzoek van beperkte omvang (kerndoel 3).

TECHNIEK draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende vaardigheden. Het gaat hierbij om:

- het ontwikkelen van een methodische aanpak voor het oplossen van een technisch vraagstuk (algemeen onderwijsdoel 3.5);
- het samen met andere leerlingen uitvoeren van technische maak- en onderzoeksopdrachten (algemeen onderwijsdoel 3.5);
- het presenteren van ontwerp-, maak- of onderzoeksopdrachten met gebruik van de juiste technische benaderingen (algemeen onderwijsdoel 4.7);
- het gebruiken van informatie- en communicatietechnologie om inzicht te krijgen in besturings- en telecommunicatiesystemen (algemene onderwijsdoelen 2 en 3);
- het oplossen van een aantal technische ontwerpproblemen via een model voor probleemoplossend handelen (kerndoel 14);
- het maken van een ontwerp voor een technisch product (kerndoel 15);

- het bouwen van een product volgens eigen ontwerp (kerndoel 16);
- het uitvoeren van metingen en overbrengen van gegevens van werktekeningen op materialen (kerndoel 17);
- het correct, veilig en milieubewust uitvoeren van handelingen op het gebied van verspanen, vervormen, verbinden en samenstellen, waarbij gebruik wordt gemaakt van hout en/of kunststof en/of textiel en/of metaal (kerndoel 18);
- het evalueren van het technische ontwerpproces en het product (werkstuk), daarbij rekening houdend met ontwerpeisen en andere randvoorwaarden, en op basis van de evaluatie voorstellen doen voor verbetering (kerndoel 19).

VERZORGING draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende vaardigheden. Het gaat hierbij om:

- het gebruiken van informatie- en communicatietechnologie om inzicht te verwerven in geautomatiseerde hulpmiddelen in de huishouding en de professionele zorgverlening (algemene onderwijsdoelen 2 en 3);
- het samen met anderen voorbereiden en uitvoeren van verzorgende activiteiten (kerndoel 20);
- het nemen van verantwoordelijkheid en aandacht hebben voor het in gang zetten en in stand houden van verzorgende activiteiten (kerndoel 21);
- het maken van keuzes op het terrein van zorg (kerndoel 22);
- het verzorgen van zichzelf en anderen door verzorgende activiteiten op een planmatige manier uit te voeren (kerndoel 23);
- het reflecteren op de gegeven zorg (kerndoel 24).

2 Attitudes bij het natuur- en techniekonderwijs in de basisvorming

BIOLOGIE draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende attitudes. Het gaat hierbij om:

- het bewust zijn van wat leven is en respect en gevoel van verantwoordelijkheid ontwikkelen voor het leven als totaliteit (algemene doelstelling);
- het herkennen en waarderen van biologische aspecten in maatschappelijke situaties (algemene doelstelling);
- het leren voldoen aan eisen van milieu, hygiëne, gezondheid en ergonomie (algemeen onderwijsdoel 2.5);
- het doelmatig en veilig omgaan met materialen, gereedschappen en apparatuur (algemeen onderwijsdoel 2.6) en daarbij rekening houden met zichzelf, met anderen en met de omgeving (algemeen onderwijsdoel 1.5);
- het bepalen van een gemotiveerd standpunt ten aanzien van biologische aspecten in maatschappelijke situaties en het op basis daarvan beslissingen nemen over het eigen gedrag (algemene onderwijsdoelen 3.7 en 6.3).

NATUUR- EN SCHEIKUNDE draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende attitudes. Het gaat hierbij om:

- het leren voldoen aan eisen van milieu, hygiëne, gezondheid en ergonomie (algemeen onderwijsdoel 2.5);
- het doelmatig en veilig omgaan met materialen, gereedschappen en apparatuur (algemeen onderwijsdoel 2.6) en daarbij rekening houden met zichzelf en met anderen (algemeen onderwijsdoel 1.5);
- het herkennen van natuur- en scheikundige aspecten in maatschappelijke situaties en de positieve en negatieve elementen hierin onderscheiden (kerndoel 2).

TECHNIEK draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende attitudes. Het gaat hierbij om:

- het leren voldoen aan eisen van milieu, hygiëne, gezondheid en ergonomie (algemeen onderwijsdoel 2.5);
- het doelmatig en veilig omgaan met materialen, gereedschappen en apparatuur (algemeen onderwijsdoel 2.6);
- het verwoorden van een standpunt over technische ontwikkelingen op basis van argumenten inclusief waarden en normen (kerndoel 1).

VERZORGING draagt bij aan de ontwikkeling van de volgende attitudes. Het gaat hierbij om:

- het leren voldoen aan eisen van milieu, hygiëne, gezondheid en ergonomie (algemeen onderwijsdoel 2.5);
- het doelmatig en veilig omgaan met materialen, gereedschappen en apparatuur (algemeen onderwijsdoel 2.6) en daarbij rekening houden met zichzelf, met anderen en met de omgeving, ook in het verkeer (algemeen onderwijsdoel 1.5);
- het voeren van een gesprek over vraagstukken als de verdeling van verzorgende taken, professionele zorg en zorg in de samenleving (kerndoel 19).

3 De inhoud van de gebieden van het Science onderwijs volgens de Benchmarks

1. THE NATURE OF SCIENCE

(de aard van natuurwetenschappen)

- a. *The Scientific Worldview*
- b. *Scientific Inquiry*
- c. *The Scientific Enterprise*

2. THE NATURE OF MATHEMATICS

(de aard van wiskunde)

- a. *Patterns and Relationships*
- b. *Mathematics, Science and Technology*
- c. *Mathematical Enquiry*

3. THE NATURE OF TECHNOLOGY

(de aard van techniek)

- a. *Technology and Science*
- b. *Design and Systems*
- c. *Issues in Technology*

4. THE PHYSICAL SETTING

(natuur- en scheikunde)

- a. *The Universe*
- b. *The Earth*
- c. *Processes That Shape the Earth*
- d. *Structure of Matter*
- e. *Energy Transformations*
- f. *Motion*
- g. *Forces of Nature*

5. THE LIVING ENVIRONMENT

(natuur en milieu)

- a. *Diversity of Life*
- b. *Heredity*
- c. *Cells*
- d. *Interdependence of Life*
- e. *Flow of Matter and Energy*
- f. *Evolution of Life*

6. THE HUMAN ORGANISM

(de mens)

- a. *Human Identity*
- b. *Human Development*
- c. *Basic Functions*
- d. *Learning*
- e. *Physical Health*
- f. *Mental Health*

7. HUMAN SOCIETY

(sociale wetenschappen)

- a. *Cultural effects on Behavior*
- b. *Group Behavior*
- c. *Social Change*
- d. *Social Trade-Offs*
- e. *Political and Economical Systems*
- f. *Social Conflict*
- g. *Global Interdependence*

8. THE DESIGNED WORLD

(techniek)

- a. *Agriculture*
- b. *Materials and Manufacturing*
- c. *Energy Sources and Use*
- d. *Communication*
- e. *Information Processing*
- f. *Health Technology*

9. THE MATHEMATICAL WORLD

(wiskunde)

- a. *Numbers*
- b. *Symbolic Relationships*
- c. *Shapes*
- d. *Uncertainty*
- e. *Reasoning*

10. HISTORICAL PERSPECTIVES

(geschiedenis van de natuurwetenschappen)

- a. *Displacing the Earth from the Center of the Universe*
- b. *Uniting the Heavens and Earth*
- c. *Relating Matter & Energy and Time & Space*
- d. *Extending Time*
- e. *Moving the Continents*
- f. *Understanding Fire*
- g. *Splitting the Atom*
- h. *Explaining the Diversity of Life*
- i. *Discovering Germs*
- j. *Harnessing Power*

11. COMMON THEMES

(interdisciplinaire concepten)

- a. *Systems*
- b. *Models*
- c. *Constancy and Change*
- d. *Scale*

12. HABITS OF MIND

(vaardigheden en attitudes)

- a. *Values and Attitudes*
- b. *Computation and Estimation*
- c. *Manipulation and Observation*
- d. *Communication Skills*
- e. *Critical-Response Skills*