

ONDERZOEK LEREN DOEN IN DE BÈTAVAKKEN

elementen van een leerlijn in de
onderbouw van twee scholen

A.E. van der Valk
M.F.N. van Soest

Onderwijskunde
ICO-ISOR Onderwijsresearch
Universiteit Utrecht

Centrum voor Didactiek van
Wiskunde en Natuurwetenschappen
Universiteit Utrecht (CD bèta)

Heidelberglaan 1
3584 CS Utrecht
telefoon: 030 - 253 49 40
e-mail:owksecr@fss.uu.nl

Postbus 80 000
3508 TA Utrecht
030 – 253 11 79
w.vaneijdsden@phys.uu.nl

website:
<http://www.fss.uu.nl/ico-isor/internereeks.html>

www.cdbeta.uu.nl

Dit onderzoek is gefinancierd uit het budget dat het ministerie van OC&W jaarlijks beschikbaar stelt aan de LPC ten behoeve van het Kortlopend Onderwijsresearch (Alliantie Authentiek Leren), dat uitgevoerd wordt op verzoek van het onderwijsveld.

Projectnummer: 03.1.2.I

ISOR-rapportnummer 04.04

ISSN 0924-0217
ISBN 90-6709-068-9

Druk: Drukkerij Zuidam & Uithof B.V. - Utrecht

© 2004 Universiteit Utrecht/CD Bèta/Onderwijskunde/
ICO-ISOR Onderwijsresearch
Utrecht University/Dept. of Educational Sciences/ICO-ISOR

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Onderwijskunde/ICO-ISOR Onderwijsresearch.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission of the Department.

Inhoudsopgave

Woord vooraf.....	6
1 Inleiding.....	1
2 Theoretisch kader	5
2.1 Onderzoekende houding, kennis en vaardigheden	5
2.2 Onderzoek en open leeromgeving	6
2.3 Leerlijn ‘onderzoek doen’	7
2.4 ‘Onderzoek doen en ontwerpen’ in kerndoelen BAVO	8
3 Opzet van het onderzoek.....	11
3.1 Het identificeren van elementen van een onderzoekslijn	11
3.2 Inventariseren van ervaringen en wensen van leerlingen.....	12
4 Resultaten – Koningin Wilhelmina College.....	15
4.1 Inleiding KWC	15
4.2 Elementen van een leerlijn in leerjaar 1	16
<i>In het vak biologie</i>	<i>16</i>
<i>In het vak wiskunde.....</i>	<i>18</i>
<i>In het vak techniek</i>	<i>19</i>
<i>Stevigheid: samenwerking tussen biologie, wiskunde en techniek</i>	<i>20</i>
<i>Verbindingen tussen de bètavakken in de brugklas</i>	<i>22</i>
4.3 Elementen voor een leerlijn in leerjaar 2.....	23
<i>In het vak biologie</i>	<i>24</i>
<i>In het vak wiskunde.....</i>	<i>24</i>
<i>In het vak techniek</i>	<i>24</i>
<i>In het vak natuur- en scheikunde</i>	<i>26</i>
<i>Water: een open onderzoek bij NaSk en Techniek.....</i>	<i>27</i>
<i>Verbindingen tussen de bètavakken in de tweede klas</i>	<i>32</i>
4.4 Elementen voor een leerlijn in leerjaar 3.....	33
<i>In het vak wiskunde.....</i>	<i>33</i>
<i>In het vak natuurkunde</i>	<i>35</i>
<i>In het vak scheikunde.....</i>	<i>36</i>
<i>In het vak verzorging</i>	<i>38</i>
<i>Het pindaproject bij natuurkunde, scheikunde en verzorging.....</i>	<i>39</i>
<i>De leerlingen over de verbindingen tussen vakken</i>	<i>47</i>
<i>Verbindingen tussen de bètavakken in de derde klas</i>	<i>48</i>

5	Resultaten – KSG de Breul	51
5.1	Inleiding De Breul	51
5.2	Elementen voor de leerlijn in leerjaar 1.....	51
	<i>In het vak biologie</i>	53
	<i>In het vak wiskunde.....</i>	55
	<i>In het vak techniek</i>	56
	<i>Verbindingen tussen de bètavakken in de brugklas</i>	56
5.3	Elementen van een leerlijn in leerjaar 2	58
	<i>In het vak biologie</i>	58
	<i>In het vak wiskunde.....</i>	62
	<i>In het vak techniek</i>	64
	<i>In het vak natuur- en scheikunde</i>	64
	<i>Verbindingen tussen de bètavakken in de tweede klas</i>	68
5.4	Elementen van een leerlijn in leerjaar 3	69
	<i>In het vak wiskunde.....</i>	69
	<i>In het vak natuur- en scheikunde</i>	70
	<i>Verbindingen tussen de bètavakken in de derde klas</i>	72
5.5	Doortrekken van onderzoekslijn naar bovenbouw HV	72
	<i>Voor het vak biologie.....</i>	73
	<i>Voor het vak natuur- en scheikunde</i>	73
5.6	Een leerlijn van het eerste tot het derde leerjaar?.....	73
6	Leerlingen over ‘onderzoek doen’ en ‘ontwerpen’	75
6.1	Inleiding.....	75
6.2	KWC-leerlingen over de leerlijnen	76
	<i>Inschatting van de eigen kennis, vaardigheden en houding</i>	76
	<i>Ervaren leerlijnen door de leerjaren heen</i>	78
	<i>Gewenste verticale leerlijn</i>	81
	<i>Ervaren en gewenste horizontale leerlijn</i>	83
	<i>biologie</i>	83
6.3	De Breul-leerlingen over de leerlijnen	84
	<i>Inschatting van de eigen kennis, vaardigheden en houding</i>	85
	<i>Ervaren leerlijnen door de leerjaren heen</i>	87
	<i>De gewenste verticale leerlijn</i>	91
	<i>Ervaren horizontale leerlijn</i>	93
	<i>Gewenste horizontale leerlijn</i>	94

7	Discussie, conclusies en aanbevelingen	95
7.1	Inleiding.....	95
7.2	Leerlijnen.....	96
7.3	Verschillen tussen de leerling-resultaten van beide scholen	97
7.4	Conclusies	99
7.5	Aanbevelingen.....	100
	Literatuur.....	103
	Bijlagen.....	105
	A: vragenlijst leerlingen: Wat weet jij van onderzoeken?	106
	KWC-1: Zelf bedacht proefje	112
	KWC-2: Kippenvleugel	113
	KWC-3: Stevigheid.....	115
	KWC-4: Fotolijsten: antwoorden van leerlingen	119
	KWC-5: LOBO-project verzorging: pindakaas & cholesterol.....	123
	dB-1: Letterproef	124
	dB-2: Verbanden op de camping	125
	dB-3: Grafieken: gezamenlijke regels.....	127

Woord vooraf

Het opnemen van onderzoeksvaardigheden in de kerndoelen BAVO en in examenprogramma's voor (onder andere) de bètavakken schept op scholen de behoefte aan een doorlopende en samenhangende leerlijn 'onderzoek doen' voor de vakken, welke start in de brugklas en doorloopt tot het profiel- of sectorwerkstuk in de examenklas.

Het onderzoek dat hier gerapporteerd wordt heeft zich gericht op de beschrijving van zo'n leerlijn, onder andere vanuit docentperspectief, in de leerjaren 1, 2 en 3 en de beleving ervan door leerlingen. Het is het resultaat van een aanvraag, die bij het programma Kortlopend Onderwijsonderzoek van de KPC werd ingediend en die werd toegekend voor het jaar 2003 (ontwikkellijn authentiek leren). De aanvragers waren de KSG de Breul te Zeist en Het Koningin Wilhelmina College te Culemborg.

Op deze scholen is in de bovenbouw succesvol samengewerkt tussen de bèta-secties rond het onderwerp 'leerlingen doen onderzoek'. Daardoor kwam de vraag op hoe ze ook in de onderbouw tot samenhangend onderwijs zouden kunnen komen.

Ze zijn beide in het project Leerlijn Onderzoek doen de Bètavakken in de Onderbouw (LOBO) gestapt, waarin het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Universiteit Utrecht de secties begeleidde. Dat project was gericht op het leren door het team van bètadocenten hoe een onderzoekende houding bij onderbouwleerlingen te stimuleren. Al werkende ontstond ook de behoefte de reeds bestaande (aanzetten tot een) leerlijn in de verschillende vakken te beschrijven en bij de leerlingen te vragen of zij al een zekere leerlijn en samenhang in het 'onderzoek doen' ervaren. Dat zijn de onderwerpen die in het hier gerapporteerde onderzoek bestudeerd zijn.

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van april 2003 t/m april 2004. We danken de twee aanvragende scholen en de betrokken docenten voor hun medewerking. In het bijzonder danken we de coördinatoren van het LOBO-project op het KWC (drs. F. Teeuw) en op De Breul (mevr. M. van de Zanden) voor hun inspanningen om de nodige gegevens op hun scholen verzamelen. Daarnaast zijn we veel dank verschuldigd aan de universitaire medewerkers:

- mevr. drs J.E. Frederik (Technische Universiteit Delft)
- mevr. drs M. Abels (Freudenthal Instituut, Universiteit Utrecht)
- mevr. drs A. Jambroes (oud-docent RSG Brokdele)
- de heer drs H.G.B. Broekman (CD-bèta, Universiteit Utrecht)

voor het mogen putten uit gegevens die zij in het kader van het LOBO-project op de scholen hadden verzameld en voor hun deskundig commentaar op

voorversies van dit rapport. Ook Ir. O. Kool danken we voor zijn commentaar op de bijna-eindversie van dit rapport.

Utrecht, mei 2004

Ton van der Valk
Martin van Soest

1 Inleiding

Waarom zouden leerlingen onderzoek moeten doen? Het voortgezet onderwijs is toch geen opleiding tot onderzoeker? Daar is de universiteit voor!

De reden om onderzoek te doen in het voortgezet onderwijs ligt niet in het toekomstperspectief van de leerlingen, maar in het leren zelf. Kinderen zijn van nature nieuwsgierig en willen iets uitzoeken, maar traditioneel krijgen ze als leerlingen weinig ruimte om actief op zoek te gaan naar kennis. Dat heeft ook gevolgen voor het beeld dat leerlingen krijgen van kennis en wetenschap: vaststaande feiten die ooit door knappe koppen zijn ontdekt. Dat spoort niet met de moderne inzichten dat kennis gemaakt wordt en in zekere mate een voorlopig karakter heeft. Immers, wetenschap is mensenwerk. Kennis dient met een kritische houding benaderd te worden: waarom wil ik dit weten? Is het wel zo? Hoe kan ik de kwaliteit van kennis inschatten?

Onderzoek doen in het voortgezet onderwijs is nodig om gebruik te maken van de kennisdrang van leerlingen, deze te stimuleren en te leiden in de banen van systematische en kwalitatief goede kennisconstructie. Onderzoek is ook een geschikt middel om leerlingen actief te maken bij het leren, wat essentieel is volgens moderne leerpsychologische inzichten. Het heeft een uitstraling naar andere vormen van leren; het tot zich nemen wat anderen al ontdekt hebben. Daarbij passen immers ook vragen als ‘wat heeft men bewogen om deze moeilijke theorie te verzinnen?’ Of: ‘hoe weet men dat dit waar is?’ Dat is met name voor de natuurwetenschappen, techniek en wiskunde van belang. Want enerzijds hebben die een grote invloed op het (veraangenamen van het) dagelijks leven van de leerlingen (cd-spelers, mobiele telefoon, etc.), anderzijds is de invloed op de maatschappij zo overrompelend dat het lijkt alsof men geen greep heeft op de technologische ontwikkelingen. Met het gevaar dat leerlingen zich van deze vakken afkeren.

Omdat onderzoeks- en ontwerpvaardigheden in de recente vernieuwingen van het curriculum bij alle bètavakken in het Voortgezet Onderwijs meer nadruk kregen en vrijwel identiek geformuleerd zijn in de examenprogramma's voor de verschillende vakken ligt het voor de hand om deze gezamenlijk aan te pakken. Ook de voorgenomen veranderingen in de basisvorming laten een trend zien naar het werken in leergebieden. Het samenwerken geeft niet alleen een mogelijkheid samenhangend onderwijs in de bètavakken te realiseren maar biedt ook een kans om de professionaliteit van een docententeam te bevorderen. Wil ‘onderzoek doen’ een positieve invloed op het onderwijs en op de motivatie van de leerlingen hebben, dan mag de nadruk niet uitsluitend of

voornamelijk vallen op onderzoeksvaardigheden (de Vos en Genseberger, 2000). Door het opnemen van deze vaardigheden in het examenprogramma dreigt dat wel te gebeuren. Dan verschuift de nadruk naar het toetsen ervan (Stokking en van der Schaaf 1999). In plaats daarvan willen wij beginnen bij het ontwikkelen van een *onderzoekende houding*. Een houding die gebouwd is op *nieuwsgierigheid* van kinderen en mensen in het algemeen, op een *kritische attitude* (is het wel echt zo?) en op kennis als *iets dat je met elkaar deelt* en waar je het met elkaar over eens moet worden.

Veel scholen laten de leerlingen in verschillende klassen en bij verschillende vakken, zoals biologie, techniek, natuur- en scheikunde en wiskunde, onderzoek doen. Maar de secties zijn onvoldoende op de hoogte van elkaars activiteiten op dit gebied. Hoe kunnen leerlingen wat ze bij het ene vak geleerd hebben over onderzoek doen dan in andere vakken gebruiken? De aanvragende scholen zagen dit als een probleem dat opgelost moet worden. In hun aanvraag gaven zij aan dat de secties bètavakken van hun scholen werken aan het ontwikkelen van een gezamenlijke leerlijn ‘onderzoekende houding’ in de onderbouw. Zij werden daarbij gecoached door medewerkers van het IVLOS/CD bèta in het kader van het LOBO-project. Dat project is gericht op docenten: onderlinge samenwerking tussen de verschillende vakken en hoe onderzoekjes te laten doen en te begeleiden. Dat begeleidingstraject is ontstaan uit de behoefte leerlingen in de onderbouw al te laten kennismaken met onderzoek doen, onder meer met het oog op het profielwerkstuk (voor THAVO/VWO) of het sectorwerkstuk (VMBO) in de bovenbouw. Zij constateerden echter dat zij nog weinig wisten over hoe hun leerlingen het doen van onderzoek ervaren. Daarom vroegen ze een kortlopend onderzoek aan om te weten te komen *in hoeverre hun leerlingen een samenhang tussen de bètavakken en een leerlijn ervaren en een samenhangende leerlijn wensen als het om ‘onderzoek doen’ gaat?*

In het hier gerapporteerde onderzoek is deze probleemstelling aangepakt.

In hoofdstuk 2 beschrijven we wat we, onder andere aan de hand van literatuur, onder onderzoek doen en onder een leerlijn verstaan.

In hoofdstuk 3 geven we de onderzoeksvragen en beschrijven we de opzet van het onderzoek en hoe we de gegevens hebben verzameld en geanalyseerd.

In hoofdstuk 4 en 5 beschrijven we de elementen van de leerlijn ‘onderzoek doen’ in de curricula van de bètavakken in klas 1, 2 en 3 van respectievelijk het KWC en De Breul. Daarin staan voor enkele onderzoeksactiviteiten uit de

klas waarover we leerlinggegevens hebben kunnen verzamelen, alsook wat de leerlingen leerden en wat ze van de onderzoekjes vonden.

In hoofdstuk 6 beschrijven we de resultaten van de vragenlijst over onderzoek doen die we in de derde klassen van de scholen hebben afgenomen.

In hoofdstuk 7 geven we een discussie van de resultaten en formuleren we enkele aanbevelingen.

2 Theoretisch kader

2.1 Onderzoekende houding, kennis en vaardigheden

Bij het leren ‘onderzoek doen/ontwerpen’ gaat het erom dat leerlingen een competentie ontwikkelen in het actief onderzoekend en doelgericht handelend leren, in het doen van *leerling*onderzoek. Het gaat om het kunnen en willen invullen van de ruimte die de leerlingen krijgen voor inhoudelijke inbreng in de lessen. Die inbreng moet gebaseerd zijn op weloverwogen intellectuele activiteiten, voortbouwen op wat men al weet en wat anderen al gevonden hebben. Het dient (en dat is specifiek voor onderzoek) aangevuld te worden door systematisch gegevens te verzamelen, deze te interpreteren en er conclusies uit te trekken die aan de gestelde kwaliteitseisen voldoen. Daarmee valt ‘competentie in het doen van onderzoek/ontwerpen’ uiteen in drie met elkaar samenhangende componenten: onderzoekende houding, onderzoeks- en ontwerpvaardigheden en kennis van onderzoek doen/ontwerpen. De term *onderzoekende houding* behoeft geen ‘extra’ toevoeging die verwijst naar ‘technisch ontwerpen’, omdat ons inziens het houdingsaspect, zoals hieronder omschreven, voor onderzoek doen en ontwerpen overeenkomt. Dat geldt minder voor ‘kennis’ en ‘vaardigheden’. We zijn ons er wel van bewust dat we, onder meer om redenen van leesbaarheid, in de tekst op een aantal plaatsen de term ‘onderzoek’ gebruiken waar ook technisch ontwerpen wordt bedoeld.

Aan *onderzoekende houding*, onderscheiden we drie aspecten

- willen weten of nieuwsgierigheid: in de context van technisch ontwerpen kan dit ook zijn: willen weten hoe iets werkt of iets willen maken dat werkt en dat aan bepaalde eisen voldoet. Erbij hoort ook: weten waarom je iets wilt weten of maken.
- willen delen: hierbij gaat het ook om het inzicht dat kennis geconstrueerd wordt door personen die met elkaar communiceren. Daarom is samenwerken tijdens een onderzoek en het rapporteren aan een ‘onderzoeksforum’ (dat de klas kan zijn) van belang. Ook de andere kant van het willen delen, het kennis nemen van resultaten van anderen (klasgenoten, maar ook dat wat bijvoorbeeld in boeken is vastgelegd) en erop voortbouwen is een belangrijk aspect.
- kritische houding: daarbij gaat het vooral om de kwaliteit van de kennis of van het ontwerp. Is het onderzoeksresultaat waar? Voldoet het ontwerp aan het programma van eisen? Belangrijke onderdelen daarvan zijn ‘zou een

ander dat ook vinden?’ (betrouwbaarheid) en ‘zijn mijn begrippen duidelijk, eenduidig en meet ik wat ik wil meten?’ (validiteit).

De tweede component van de onderzoekscompetentie betreft onderzoeks- en ontwerpvaardigheden. Stokking en van der Schaaf (2000) gaan diep in op de vraag wat onder onderzoeksvaardigheden verstaan kan worden en onderscheiden daarbij verschillende standpunten. Wij gebruiken hier een pragmatische tweedeling, namelijk:

- algemene vaardigheden zoals een onderzoek opzetten, een onderzoeksvraag stellen, een verslag maken; een program van eisen opstellen
- domein- of vakgebonden onderzoeksvaardigheden in casu bètavaardigheden zoals een proef doen, waarnemingen doen, grafiek maken en interpreteren, ontwerptekeningen maken, lezen en een ontwerp uitvoeren; 'wiskundig bewijzen', een formule afleiden

De derde component betreft de *kennis* van het proces van onderzoek doen en ontwerpen. We onderscheiden:

- algemene kennis van onderzoek doen (begrippen als onderzoeksvraag en een hypothese stellen)
- domein- of vakgebonden kennis van onderzoek doen en ontwerpen (zoals het onderscheid tussen experimenteel, observatie- en theoretisch onderzoek, beschrijvend en verklarend onderzoek, programma van eisen, functietabel)
- weten dat kennis voorlopig is en bijgesteld kan worden, de epistemologische kant van kennis

2.2 Onderzoek en open leeromgeving

Het doen van onderzoek in het voortgezet onderwijs vereist een passende, open leeromgeving. De leerlingen moeten enerzijds ruimte krijgen voor veel eigen inbreng op het gebied van het aftasten van onderwerpen, het komen tot een probleemstelling en die specificeren in onderzoeksvragen, het bedenken van een aanpak om de vragen te beantwoorden en reflectie op de vraag in hoeverre de onderzoeksresultaten helpen bij het oplossen van de probleemstelling, en welke nieuwe vragen worden opgeroepen. Anderzijds moeten de leerlingen ook duidelijkheid hebben over het kader waarin zij het onderzoek doen: door welke grenzen van inhoudelijke, onderzoeksmatige en organisatorische aard wordt genoemde ruimte voor inbreng bepaald? Is er een onderwerp of thema voor het onderzoek? Worden er eisen gesteld aan bijvoorbeeld theorie die in het onderzoek verwerkt is, aan experimentele

methoden die moeten worden gebruikt, aan de samenwerking binnen een groep, aan de verslaggeving, aan de kwaliteit van de reflectie en het kritisch vermogen van de leerling(groep)?

Een volgende vereiste is dat de leerlingen zowel door elkaar als door het lesmateriaal (in ruime zin, inclusief bijvoorbeeld apparatuur) en (vooral) door de docent gestimuleerd worden de kwaliteit van hun inbreng te verhogen. Het onderzoek van Smits (2003) heeft zich gericht op de rol van de docent bij deze kwaliteitsverhoging en heeft laten zien dat docenten zich eerder richten op het ruimte geven voor nieuwsgierigheid dan op het verhogen van kwaliteit (validiteit en betrouwbaarheid).

Het moge duidelijk zijn dat het realiseren van een open, stimulerende onderzoeksomgeving voor leerlingen veel van de vaardigheden en kennis van docenten vereist. Het realiseren van samenhang tussen de bètavakken vereist bovendien kennis van elkaars vakken en tijd voor overleg en uitwisseling. Onderzoek dat gedaan werd in het kader van het project Bèta Profielen in het Studiehuis (Jambroes e.a. 2004) heeft laten zien dat teamvorming en leiding door een bètavakken-coördinator daarbij een stimulerende rol kan spelen.

2.3 Leerlijn ‘onderzoek doen’

Hubers (2004) heeft een schets gegeven voor een leerlijn onderzoeken en ontwerpen in de natuurwetenschappelijke vakken. Onder leerlijn verstaat hij *een opzet van onderwijs waarin de leerling zo min mogelijk overlap, breuken of lacunes in zijn/haar leerproces ervaart*. Die leerlijn zou moeten starten in het basisonderwijs bij onderzoek om vragen voortkomend uit het dagelijks leven te beantwoorden en zou moeten eindigen in de tweede fase bij toetsbare hypothesen en onderzoeken in een meer wetenschappelijke context (waar in het wetenschappelijk onderwijs op voortgebouwd kan worden). Wij willen benadrukken dat er een voor leerlingen inzichtelijk voortgang zou moeten zijn in de eisen die aan de kwaliteit van vragen en antwoorden gesteld worden. Daarbij moet niet alleen gedacht worden aan zaken als validiteit en betrouwbaarheid, maar ook aan complexiteit van de toegepaste onderzoeksmethoden en aan de abstractiegraad van de gebruikte ‘theorie’ (in de zin van gecondenseerde onderzoeksresultaten van anderen).

Strikt genomen moeten we een onderscheid maken tussen ‘onderwijslijn’: de lijn die in het aangeboden onderwijs wordt aangebracht, en leerlijn, de lijn die in het leren van de leerlingen te onderscheiden valt. Wij hebben er in deze publicatie voor gekozen dit onderscheid niet aan te brengen en steeds over

leerlijn te spreken. Daarmee sluiten we ons aan bij het spraakgebruik dat in de meeste schoolgerichte publicaties wordt gebruikt.

De leerlijn die we nastreven, moet niet alleen binnen een vak, maar ook tussen de bètavakken aanwezig zijn. Binnen een vak gaat het om een leerlijn die loopt vanaf het begin van de brugklas tot eind derde leerjaar (met aansluiting op het vierde). Dat noemen we de *verticale leerlijn*. Het aansluiten van de bètavakken op elkaar vinden we ook belangrijk en dat aspect vatten we onder *horizontale leerlijn*.

Gezien ons doel met ‘onderzoek doen en ontwerpen’ in de bètavakken onderbouw, het ontwikkelen van een competentie in actief, onderzoekend en doelgericht leren, dient *onderzoekende houding* centraal te staan in een leerlijn ‘onderzoek doen’. Voor het ontwikkelen van zo’n houding zijn kennis en vaardigheden op het gebied van onderzoek doen noodzakelijk. De natuurlijke nieuwsgierigheid van leerlingen, bijvoorbeeld, dient ‘aangekleed’ te worden met vragen als ‘wat wil ik weten?’ en ‘wat wil ik hiermee bereiken?’. Daarbij gaan, in de loop van de onderbouw, begrippen passen als onderzoeksvraag en programma van eisen, die vervolgens een zekere kwaliteit moeten hebben. Daarmee wordt vorm gegeven aan een uitbouw van het ‘willen weten’ in de leerlijn. Evenzo kan het houdingsaspect ‘willen delen’ uitgebouwd worden van trots vertellen over wat je al wist en er nu bij gevonden hebt tot eisen gaan stellen aan een verslag of poster en voortbouwen op kennis die anderen gevonden hebben (medeleerlingen, maar ook theorie uit het leerboek). Vooral het aspect kritische houding zal een vooruitgang moeten tonen op punten als validiteit van begrippen en werkwijzen en betrouwbaarheid van methoden en resultaten, maar ook interne consistentie en het aansluiten van resultaten bij dat van anderen.

Het is de vraag in hoeverre de mate van openheid van de leeromgeving een factor in de leerlijn mag zijn. Is het bijvoorbeeld zinvol een leerlijn te construeren die van gesloten naar open gaat? Op allerlei niveaus van onderwijs kan, afhankelijk van de gestelde doelen, soms sprake zijn van een grote openheid (in de zin van de nauwheid van de aangegeven grenzen), bijvoorbeeld vrijheid van onderwerpskeuze van aanpak, en in andere gevallen van een kleine openheid door nauwe grenzen zoals een voorgeschreven onderwerp, methode of het gebruik van bepaalde stukjes leerstof.

2.4 ‘Onderzoek doen en ontwerpen’ in kerndoelen BAVO

Onderzoek doen in de onderbouw is ook om formele redenen van belang: vanwege de kerndoelen Basisvorming en als voorbereiding op de bovenbouw. Daar zijn eindtermen op het gebied van onderzoekskennis en –vaardigheden.

Niet alleen in de huidige basisvorming, maar ook in de toekomstige is aan ‘onderzoek doen’ en ontwerpen een belangrijke plaats toebedacht. De nadruk lijkt enigszins te verschuiven van vaardigheden naar onderzoekende houding. De Taakgroep Vernieuwing Basisvorming (2003) benadrukt in kerndoel 21 voor het *leergebied Wiskunde* de kritische houding en ook het ‘willen delen’.

21. De leerling leert een wiskundige argumentatie te onderscheiden van meningen en beweringen en leert daarbij met respect voor ieders denkwijze wiskundige kritiek te geven en te krijgen.
27. De leerling leert gegevens van statistisch onderzoek systematisch te beschrijven, ordenen en visualiseren en leert statistische gegevens, representaties en conclusies te beoordelen.

Kerndoel 27 gaat over het doen van statistisch onderzoek op een manier die kan aansluiten bij de natuurwetenschappelijke vakken. Het ‘visualiseren’ van gegevens is van belang voor het houdingsaspect ‘willen delen’.

Het leren doen van onderzoek en het maken van een ontwerp komt uitgebreider aan de orde in de karakteristiek van het leergebied *Mens en natuur*. In de inleiding op dat leergebied wordt de kritische, onderzoekende houding zelfs expliciet genoemd. Verder valt de nadruk op het ontwikkelen van (algemene) vaardigheden zoals planmatig onderzoeken.

28. De leerling leert een eenvoudig onderzoek uit te voeren over een natuurwetenschappelijk onderwerp en de uitkomsten daarvan te presenteren.[...]
33. De leerling leert onderzoek doen aan natuurkundige verschijnselen als elektriciteit, geluid, licht, beweging en krachten.
34. De leerling leert door onderzoek kennis te verwerven over voor hem relevante technische producten en systemen en deze naar waarde te schatten.
35. De leerling leert op planmatige wijze een technisch product ontwerpen en maken, waarbij materiaal wordt bewerkt en vormen van energie of automatisering worden toegepast.

Het leergebied is enerzijds gericht op het verwerven van een kritische en onderzoekende houding, anderzijds op het leren ontwerpen en het maken van bewuste keuzen. In het leergebied *Mens en natuur* ontwikkelen leerlingen vaardigheden om verschijnselen in de levende en niet-levende natuur op een planmatige manier te onderzoeken en te verklaren.

Ook het leergebied *Mens en maatschappij* bevat een kerndoel over onderzoek doen. Hoewel dat zeker voor leerlingen ook relevant is, beperken we ons hier tot de bètavakken.

De voorstellen van de Taakgroep Vernieuwing Basisvorming vragen als het ware vragen om een doorlopende, samenhangende leerlijn ‘onderzoek doen’. Dat leiden we af uit de kopjes die de taakgroep gebruikt bij de karakterisering van het nieuwe onderwijs in de basisvorming:

- de leerling leert actief en in toenemende mate zelfstandig
- de leerling leert samen met anderen
- de leerling leert in samenhang
- de leerling oriënteert zich
- de leerling leert in een uitdagende en veilige leeromgeving
- de leerling leert in een doorlopende leerlijn

Kerndoelen geven wel de gewenste eindsituatie aan, maar spreken zich niet echt uit over de manier waarop die situatie bereikt wordt. Het concretiseren van leerlijnen is iets wat in leergangen en vooral op school gedaan moet worden.

Bovengenoemde kerndoelen dienen in de praktijk uitgebreid te worden naar de derde klas als verbinding tussen de basisvorming en respectievelijk de examenvorbereiding in VMBO 4 en de tweede fase HAVO/VWO.

3 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek heeft zich gericht op elementen van een leerlijn ‘onderzoek doen’ in de leerjaren 1, 2 en 3 van de scholen De Breul in Zeist en Koningin Wilhelmina College in Culemborg, en de manier waarop leerlingen tegen die (elementen van een) leerlijn aankijken. Deze scholen gaven bij de aanvraag van het onderzoek aan dat er door hun secties wiskunde, biologie, natuur- en scheikunde, techniek (en wat het KWC betreft ook verzorging) duidelijke elementen van ‘leren onderzoek doen’ in de onderbouwklassen gerealiseerd werden.

De algemene probleemstelling van het onderzoek hebben we vertaald naar twee onderzoeksvragen. In de volgende twee subparagrafen geven we aan wat we gedaan hebben om op die vragen een antwoord te vinden.

3.1 Het identificeren van elementen van een onderzoekslijn

De eerste onderzoeksvraag luidt:

- (1) Welke elementen van de curricula van de vakken wiskunde, natuur- en scheikunde, biologie en techniek in de onderbouw van de twee betrokken scholen richten zich volgens de betrokken docenten op het aanleren van (aspecten van) onderzoek doen/technisch ontwerpen?

De elementen van de onderzoekslijn in de betreffende vakken hebben we geïdentificeerd op de volgende manieren:

- in bijeenkomsten van het LOBO-project, waar uit alle secties tenminste één docent aanwezig was, hebben we aan de docenten gevraagd de belangrijkste elementen van de onderzoek/ontwerplijn aan te wijzen
- in het kader van het LOBO-project deden de secties gezamenlijke onderzoeksactiviteiten in verschillende onderbouwklassen. Deze projecten hebben we nader geanalyseerd door:
 - in de klas te observeren
 - interviews te houden met enkele docenten over de onderzoeksactiviteit waaraan zij hadden deelgenomen en over hoe zij leerlingen verder in de les onderzoek laten doen.

We deelden een bepaalde activiteit bij onderzoek doen in als de docent aangaf dat de activiteit bijdroeg aan het leren onderzoek doen, als er sprake was van een open opdracht en tenminste één duidelijk aspect van onderzoek doen was (zoals de aanwezigheid van een onderzoeksvraag; een verslag dat gemaakt moest worden). We hebben gelet op aan te leren kennis, houding en vaardigheden.

We hebben nagelaten de gebruikte leerboeken te analyseren op elementen van onderzoek doen. Immers, het ging ons om de volgens de docenten gerealiseerde leerlijn. We hebben ook niet naar de volledige beschrijving van alle elementen van de leerlijn gestreefd. We beperken ons tot de elementen die volgens de docenten de beste voorbeelden van 'leren onderzoek doen' zijn. Daarbij hebben we voor lief genomen dat de voorkeuren van onze respondenten meer naar voren komen dan die van hun niet of minder intensief geraadpleegde sectiegenoten.

De resultaten zijn in concept aan de betrokken docenten voorgelegd met de mogelijkheid van commentaar of aanvulling. Er is slechts op enkele punten aanvulling gegeven, met name door de coördinatoren van de bèta-teams op de scholen. Dat commentaar is verwerkt in de eindversie. Verder reageerden een aantal docenten instemmend op de resultaten, onder andere zeggend dat ze enerzijds herkenbaar waren en dat het anderzijds informatief was om de elementen zo geordend in (aanzetten tot) een leerlijn te zien.

3.2 Inventariseren van ervaringen en wensen van leerlingen

Onze tweede onderzoeksvraag luidde:

- (2) In hoeverre wensen en ervaren de betrokken leerlingen een samenhangende leerlijn 'onderzoek doen/technisch ontwerpen' in de betreffende bètavakken?

Bij het beantwoorden van deze vraag hebben we ons op twee zaken gericht:

- de mening van leerlingen over enkele onderzoeksopdrachten vlak na het uitvoeren ervan. Daarbij hebben we ons met name op de vakdoorbrekende LOBO-opdrachten gericht
- de mening van leerlingen uit het derde leerjaar over de leerlijnen ontwerpen/onderzoek doen in de leerjaren 1, 2 en 3.

De mening van leerlingen over de vakdoorbrekende LOBO-opdrachten die op het KWC werden uitgevoerd in een brugklas (opdracht 'constructies'), twee tweede klassen (over 'water') en een derde klas (over 'pinda's, energie en gezondheid'), is op twee manieren gepeild:

- met enkele leerlingen zijn in groepjes van twee of drie interviews gehouden over de LOBO-opdracht. Er zijn twee leerlingen uit de tweede klas geïnterviewd en vijf leerlingen uit de derde klas. Daarbij is hen gevraagd wat ze ervan vonden, welke problemen ze waren tegengekomen en wat ze ervan geleerd hadden.
- er is bij de betrokken klassen een evaluatieve vragenlijst over de LOBO-opdrachten afgenomen.

Bij de analyse van zowel de interviews als de vragenlijsten is nagegaan of ze de opdracht leuk vonden en wat ze ervan geleerd hebben en in hoeverre leerlingen iets laten zien van een onderzoekende houding, van kennis van onderzoek doen en ontwerpen en van relevante vaardigheden. Bij de interviews is ook de samenhang tussen de vakken ter sprake gebracht.

De mening van leerlingen over de leerlijnen is in twee klassen per school gepeild door middel van een vragenlijst (*'Wat weet jij van onderzoeken?'*, zie bijlage A). We hebben gekozen voor derde klassen, omdat die kunnen terugkijken op wat ze aan onderzoek gedaan hebben in het tweede en eerste leerjaar. De vragenlijsten verschilden een beetje per school, vanwege het verschil in vakken van het derde leerjaar. Op het KWC hebben we klassen gekozen waarin de leerlijn volgens de docenten het beste was uitgewerkt. Bij De Breul hebben we vergelijkbare klassen uitgezocht.

De vragenlijsten zijn in een voorversie aan enkele tweetallen leerlingen van beide scholen voorgelegd, die ze hardop-denkend hebben ingevuld. Dat heeft tot enkele aanpassingen van de vragenlijst geleid.

De vragenlijst is afgenomen in maart, dus op tweederde deel van het derde leerjaar.

Op het KWC is de vragenlijst ingevuld door 47 leerlingen uit twee 3-gymnasium klassen (24 meisjes en 23 jongens, allen 14 of 15 jaar oud) die in de tweede klas het *wateronderzoek* hadden gedaan in het kader van het LOBO-project. Op De Breul werd de vragenlijst ingevuld door 49 leerlingen uit een 3-gymnasium en een 3-atheneumklas (23 jongens en 26 meisjes, allen 14 of 15 jaar oud). Twee van hen zijn buiten de onderzoeksgroep gehouden omdat zij niet vanaf de brugklas op deze school zaten.

4 Resultaten – Koningin Wilhelmina College

4.1 Inleiding KWC

Op het KWC is er, onder invloed van het voorbereiden van leerlingen op het profielwerkstuk (Van der Valk en Geraedts 2002; Genseberger 2002) waaraan in het project Bèta Profielen in het Studiehuis (BPS) gewerkt is (Van der Valk e.a. 2002), behoefte ontstaan aan het uitzetten van een gezamenlijke leerlijn onderzoek doen/ontwerpen voor de bèta-vakken in de onderbouw. Daarom is een groep van acht docenten gevormd, onder leiding van de coördinator bètavakken, die op vrijwillige basis in het schooljaar 2002/2003 en 2003/2004 heeft deelgenomen aan het LOBO-project. Het betreft:

- drie docenten natuur/scheikunde
- twee docenten techniek
- een docent wiskunde
- een docent biologie
- een docent verzorging

Hun doel was het uitzetten van een gemeenschappelijke leerlijn ‘onderzoek doen’ en elementen ervan in de klas uit te proberen en elkaar daarbij te ondersteunen door discussies en door elkaars lessen te bezoeken of door ‘team teaching’.

Inmiddels heeft het team allerlei curriculumelementen van ‘onderzoek doen’ aangewezen en nieuwe elementen uitgeprobeerd, waardoor er zicht ontstaat op de vraag in hoeverre er reeds sprake is van een leerlijn en op welke punten er ontwikkelingen nodig zijn. De aandacht voor ‘onderzoek doen’ verschilt van vak tot vak en is ook afhankelijk van de docent. De coördinator van het bètateam is zich hiervan bewust:

Ik hoop dat onderzoek een gemeenschappelijk item wordt. In de bovenbouw hebben we daar iets over op poten gezet. We willen als school ook een doorlopende leerlijn op alle gebied van brugklas naar eindexamenklas¹.

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke elementen van zo’n leerlijn door de docenten of secties zijn aangewezen. Dat wordt per leerjaar gedaan voor de leerjaren 1, 2 en 3. Daarbij wordt niet ingegaan op de vraag waar het beschreven element in de klas uitgevoerd is: in één of alle afdelingen

¹Citaten van gesproken of geschreven uitspraken of van docenten of leerlingen worden in cursief aangegeven.

(VMBO-T, HAVO, VWO), in één of alle klassen van een afdeling. Ook gaan we niet uit van een eventuele leerlijn ‘onderzoek doen’ die in de gebruikte leerboeken is vormgegeven; we gaan uitsluitend af op de informatie over belangrijke elementen van onderzoek doen die door de docenten zijn ingebracht.

Elke paragraaf over een leerjaar sluiten we af met een samenvatting en een kritische beschouwing in hoeverre er sprake is van een samenhangende lijn binnen en tussen de vakken.

4.2 Elementen van een leerlijn in leerjaar 1

Op het KWC worden in klas 1 de volgende bètavakken gegeven:

- biologie (leerboek: *Biologie voor Jou*)
- wiskunde (leerboek: *Getal en Ruimte*)
- techniek (leerboek: *Techniek*)

De vaksecties hebben opdrachten uit het leerboek omgewerkt tot opdrachten die leerlingen stimuleren tot een onderzoekende houding. Hieronder worden de elementen die de docenten noemen als de belangrijkste voor de leerlijn ‘onderzoek doen’ (in wording) in de brugklas beschreven.

Daarnaast is door de gezamenlijke secties in het kader van het LOBO-project een project ‘stevigheid’ in de brugklas ontwikkeld. Omdat dat een vakdoorbrekend project was, wordt het in een afzonderlijke subparagraaf beschreven.

In het vak biologie

Op weg naar het uitwerken van een leerlijn laat de sectie veel van de onderzoeken uit het leerboek uitvoeren. In aanvulling daarop heeft de sectie zelf enkele onderzoekjes gemaakt.

De sectie neemt in de brugklas veel tijd om leerlingen onderzoek te laten doen. Dat heeft zijn prijs: er is de keuze gemaakt een hoofdstuk uit het leerboek over te slaan om hiervoor ruimte te maken. Een docent zegt daarover:

We hebben dit jaar het lef gehad om te zeggen: “Dit hoofdstuk, dat gooien we eruit! En we doen ons eigen project” [samen met wiskunde en techniek, zie een volgende paragraaf]. En daarvoor hadden we toen wel tijd. En uiteindelijk heb ik niet de indruk dat leerlingen zoveel missen in de ‘stof’. Maar soms ben je bang om dingen te veranderen en het kost heel veel tijd, ook van jezelf.

De sectie vindt de opbrengst van het leren onderzoek doen dus meer dan opwegen tegen de ‘prijs’.

Hieronder worden een aantal elementen uit het biologie-curriculum beschreven die door de biologie-docent worden genoemd als activiteiten die het ‘leren onderzoeken’ bij leerlingen bevorderen.

zelf bedacht proefje: start van onderzoek-leerlijn

Aan het begin van de brugklas krijgen de leerlingen een werkkaart: “zelf bedacht proefje” (zie bijlage KWC-1). Deze biedt veel gelegenheid tot inbreng van de leerling, onder andere: de leerling kiest een (biologisch) onderwerp en stelt daarover een vraag. Het doel van deze activiteit is vooral te leren hoe je naar een antwoord op je eigen (biologische) vraag kunt toewerken.

Interesse hebben is het belangrijkste; daarmee bereik je dat ze basiskennis ophalen.

In de klas ligt de nadruk op het maken van een stappenplan, waarmee de vraag systematisch aangepakt kan worden. Er wordt geen uitgebreid verslag geëist, maar een korte beschrijving van de uitkomsten aan de hand van de vragen op het werkblad. De ervaring is dat de leerlingen vooruitgang boeken in het vragen stellen en er een antwoord op vinden.

De aldus opgestarte leerlijn wordt in de vorm van “kijk en probeer maar eens thuis” door de jaren heen herhaald en volgehouden. In 4 VWO komt dat bijvoorbeeld terug in de opdracht “gedrag in de dierentuin”.

ontkiemende bonen: kritische verwerking van gegevens

In het boek *Biologie voor Jou* staat een opdracht over tabellen en grafieken die volgens de sectie bijdraagt aan het vormen van een onderzoekende houding en bovendien iets laat zien van het gebruik van wiskundige methoden in de biologie.

Het gaat om een ontkiemende bruine boon die op twaalf opeenvolgende dagen met de zich ontwikkelende wortel en stengel horizontaal op grafiekpapier gelegd wordt.

De sectie heeft een werkblad erbij gemaakt, waarop onder meer staat:

De grafiek is bijzonder omdat de stengel naar rechts groeit en het worteltje naar links. In plaats van naar boven en naar beneden.

Zo leren de leerlingen dat er ook bij zo’n ‘onmogelijk figuur’ uit het leerboek kritische vragen gesteld kunnen worden. Ook worden ze gewezen op verschillen tussen het gebruik van grafieken in het biologieboek en in de wiskunde les. Die kennis uit de wiskunde moeten ze gebruiken bij het maken van een tabel van de stengel- en wortellengtes op de verschillende dagen en bij het tekenen van het bijpassende lijndiagram.

kippenvleugelpracticum: leren observeren

In dit snijpracticum onderzoeken de leerlingen de botjes in een kippenvleugel (zie bijlage KWC-2). Het gaat om leren observeren en om

problemen waarvoor leerlingen zelf een oplossing moeten vinden; het skelet van een kip vergelijken met het skelet van een mens.

Hier wordt een open onderzoekssituatie gerealiseerd waarin de leerlingen oefenen met de vaardigheden observeren, probleem oplossen in een practicumssituatie en relaties leggen.

een leerlijn voor biologie in de brugklas?

We zien dat de sectie biologie in de brugklas duidelijke stappen heeft ondernomen om een leerlijn onderzoek doen op te zetten. De aanzet wordt gegeven met de activiteit “zelf bedacht proefje” en voortgezet in de andere activiteiten. In die lijn ligt de nadruk op het houdingsaspect ‘*willen weten*’ en de vaardigheid ‘*op een systematische manier antwoord op je vraag zoeken*’ en leren observeren. De leerlingen leren enkele onderzoeksbegrippen zoals stappenplan en onderzoeksvraag.

Ook geeft de sectie een aanzet tot het vormen van een kritische houding bij de opdracht over groei en ontwikkeling, met name het onderscheiden van het verschil tussen de biologische werkelijkheid en een meer abstracte weergave daarvan in grafieken in de biologie. Ook zien we hier een aanzet tot ‘horizontale’ relaties tussen biologie en wiskunde.

In het vak wiskunde

De sectie wiskunde volgt globaal het boek *Getal en Ruimte* maar heeft van een aantal opdrachten een eigen versie gemaakt om de leerlingen meer open opdrachten te geven en het probleem-oplosgedrag te bevorderen. Het volgende voorbeeld wordt door een docent genoemd als één die de onderzoekende houding van leerlingen stimuleert.

breukenfeest: de werking van de rekenmachine onderzoeken

De opdracht ‘breukenfeest’ gaat over het gebruik van de rekenmachine bij het optellen, aftrekken, vermenigvuldigen en delen van breuken. De opdracht is bedoeld om

zelf te ontdekken hoe de $\boxed{a^{b/c}}$ knop werkt; in de hoop dat de functie ervan beter blijft hangen.

Het betreft een groepsopdracht, waarbij men het eens moet worden over de uitkomsten van een aantal breukensommen. Elk lid moet de groepsoplossing

aan de klas kunnen uitleggen, dus hoe je die sommen met behulp van de rekenmachine kunt oplossen.

een leerlijn voor wiskunde in de brugklas?

De sectie wiskunde is zich pas recent gaan oriënteren op de vraag op welke manier zij het doen van onderzoek bij leerlingen kan bevorderen. Bovengenoemde opdracht geeft een indruk hoe de sectie dat doet, aansluitende bij de 'gewone' opdrachten uit het leerboek. Wiskunde-opdrachten zijn gewoonlijk gesloten. Door nu ruimte te laten aan leerlingen om te experimenteren met de knoppen van de rekenmachine, wordt de werkwijze voor leerlingen veel meer open. Dat stimuleert de leerlingen om aan elkaar uit te leggen wat ze precies hebben gedaan en waarom. En te controleren of ze de rekenmachine correct gebruikt hebben (kritische houding). Ook is er, doordat de leerlingen de oplossingen aan elkaar uit moeten leggen, aandacht voor het aspect 'willen delen'.

In het vak techniek

Bij techniek leren de leerlingen systematisch, volgens een stappenplan werken. Dat houdt volgens de sectie in grote lijnen in: zich oriënteren; de opdracht uitvoeren en erop terugblikken; een verslag maken.

De leerlingen oefenen met dit stappenplan aan de hand van concrete (ontwerp) opdrachten. De volgende twee opdrachten werden door leden van de sectie techniek genoemd als opdrachten die een onderzoekende houding bij leerlingen stimuleren.

verbindingen: materiaalgebruik onderzoeken

De leerlingen krijgen de open opdracht om vijf verschillende verbindingen te maken die aan bepaalde eisen voldoen. Ze krijgen daarbij drie materialen tot hun beschikking. Daarbij moeten ze volgens het stappenplan werken: zij oriënteren zich op de opdracht, op de eisen, op de eigenschappen van de beschikbare materialen; zij maken een plan van aanpak; ze voeren de opdracht uit en kijken erop terug: voldoen de verbindingen aan de eisen; zijn er verbeteringen mogelijk; wat zijn de conclusies; zij maken een verslag in de vorm van een werkstuk.

bruggen bouwen: zo sterk mogelijk willen maken

De leerlingen krijgen de opdracht van Knexx een brug te bouwen die 1 meter moet overbruggen en zo licht mogelijk is. Ook daarbij moeten ze volgens een stappenplan werken. Ze maken in groepen van 3 à 4 een plan. Dan beginnen ze

met bouwen, uitproberen en verbeteren. De docent geeft de spelregels en bewaakt die, houdt de samenwerking in de gaten en wijst zo nodig op 'sterke' vormen waaruit je de brug kunt samenstellen.

De brug wordt getest door er een gewicht aan te hangen. De leerlingen worden gewezen op het doorbuigen en gebruiken die observaties om de brug te versterken. De groep die uiteindelijk de brug heeft die het meeste gewicht kan houden én zelf licht is in gewicht (verhouding) krijgt het hoogste cijfer.

een leerlijn voor techniek in de brugklas?

Bij techniek is het leren van het stappenplan in de brugklas heel belangrijk. Daarmee ligt de nadruk op vaardigheden. Met het maken van de brug komt daarbij het houdingsaspect willen weten/maken. Het zijn aanzetten tot een leerlijn technisch ontwerpen/onderzoek doen, die nog verder uitgewerkt zullen moeten worden.

Stevigheid: samenwerking tussen biologie, wiskunde en techniek

In het kader van het LOBO-project is er voor de vakken biologie, wiskunde en techniek een gezamenlijk onderzoeksproject in een brugklas uitgevoerd. De docenten wilden hun samenwerking op het gebied van leren onderzoek doen uitbreiden. Als onderwerp kozen ze 'stevigheid'. Dat komt in de brugklas zowel bij biologie (onder andere het skelet) als bij techniek aan de orde. Vanuit de wiskunde is het maken van grafieken een aandachtspunt. Grafieken zijn nodig voor het weergeven van meetresultaten, met name doorbuiging bij belasting.

het verloop volgens docenten en observatoren

Voor het onderzoek was een lestijd van 120 achtereenvolgende minuten beschikbaar. Die tijd was grofweg in drie delen verdeeld:

- een inleiding met oriënterende opdrachten (deels opgenomen als bijlage KWC-3) en een uiteindelijke keuze van de groepen voor één van de vier onderzoeksopdrachten.
- het uitvoeren van opdrachten over het gekozen onderwerp. Elke groep maakte een constructie, bijvoorbeeld van papier, belastte die en mat de doorbuiging. Elk keuzeonderwerp had zijn eigen instructie, maar de vragen waren min of meer dezelfde: wat wil ik onderzoeken (aanzet tot onderzoeksvraag); wat verwacht je als uitkomst (aanzet tot verwachtingen/hypotheses); wat heb ik nodig; wat neem ik waar; welke conclusies kan ik trekken.

- de resultaten van de metingen werden in een tabel gezet en in een grafiek weergegeven. Daaruit werden conclusies getrokken betreffende de stevigheid van de constructies, die aan elkaar werden gepresenteerd, gebruik makend van de grafiek.

Tijdens de les waren docenten uit de drie vakken in de klas aanwezig. Er was sprake van team teaching. Zo werd de inleiding gedaan door de biologiedocent, de afsluiting door de techniek docent. Alle drie begeleidden ze de groepjes. Ze moedigden hun enthousiasme aan met het oog op het houdingsaspect 'willen weten'.

Als je ze prijst en ze vinden het leuk dan gaan ze met meer enthousiasme aan de opdracht werken.

De docenten probeerden niet te veel voor te zeggen. Fouten maken mocht, de docenten vonden het zelfs leuk als de leerlingen hun eigen fouten gingen ontdekken. Ze waren na afloop zeer tevreden over het verloop van het project. De opdrachten voldeden aan de verwachtingen:

De leerlingen leerden zelf aan de hand van redelijk gestructureerde dingen, die ook heel veel ruimte boden voor hun eigen ideeën. Hun creativiteit kwam naar boven.

We concluderen dat het project 'Stevigheid' voor de docenten een succesvolle onderwijservaring was.

de leerlingen over het project

De leerlingen van de klas waarin het project 'stevigheid' gegeven is, hebben er een vragenlijst over ingevuld. Daaruit blijkt dat de meeste leerlingen samen een plan hebben gemaakt wat ze wilden gaan doen. In het begin wisten ze nog niet precies wat ze wilden leren of maken, maar dat werd later wel duidelijk. De meeste groepjes maakten eerst individueel een constructie en vergeleken dat met elkaar. De stevigheid bleek sterk te verschillen zodat de constructies na een eerste poging verbeterd moesten worden.

Uit de vragenlijst blijkt dat het project ruwweg is verlopen zoals de leerlingen wilden. Ze vonden dat ze niet zo veel geleerd hadden van het project. Toch konden de meesten kort aangeven wat ze geleerd hadden, bijvoorbeeld *dat papier veel gewicht kan houden en dat botten sterk zijn*. Ze waren wel tevreden over hun eigen presentatie, al hadden de meeste groepjes nog wat langer willen werken aan de voorbereiding. De helft gaf aan niets geleerd te hebben van de presentaties van de andere leerlingen. Als ze een advies moesten geven aan een groepje dat hetzelfde onderzoekje moest gaan doen,

zouden ze hen aanraden het een beetje anders te doen dan zichzelf. Toch waren ze achteraf wél tevreden over de kwaliteit van hun eigen werk. Als ze opnieuw een onderzoekje zouden doen, zou een kwart meer van hetzelfde willen, ongeveer een vijfde zou een van de andere keuzeonderwerpen willen doen, en een klein aantal van de leerlingen zou hetzelfde onderwerp wat dieper willen onderzoeken (bijvoorbeeld *hoe het met dik karton gaat*). De meesten echter zeggen *weet niet*, of *niks* of geven geen antwoord.

We concluderen dat het project ‘Stevigheid’ voor leerlingen een matig succes was.

een plaats voor *stevigheid* in een leerlijn?

Dit project was succesvol als een aanzet tot het ontwikkelen van een *horizontale leerlijn* bij het leren onderzoeken in de brugklas. De opdrachten waren zo gemaakt dat de belangrijke onderdelen van een onderzoek, zoals een *vraag stellen* en *conclusies trekken*, door leerlingen op een voor de hand liggende manier gedaan konden worden. In de les kwam ook het houdingsaspect *willen weten* aan bod. Voor het *willen delen* was de tijd eigenlijk te kort. Niettemin konden de leerlingen ervaren dat het handig is grafieken te maken als je je resultaten kort en bondig aan anderen wilt laten zien. Ook was het gebruik van grafieken een handvat voor kritische discussies onderling en met de docenten. Daardoor kreeg de *kritische houding* toch meer aandacht dan voorzien was.

De leerlingen waren redelijk tevreden; de meesten konden ook formuleren wat ze geleerd hadden en ze gaven blijk van een kritische houding tegenover hun eigen resultaten.

We hebben gezien dat de drie vakken/docenten elk hun inbreng hadden op het gebied van leren onderzoek doen. Wat inhoudelijke verbanden tussen de vakken betreft was de inbreng van wiskunde (grafieken) en techniek (stevige constructies maken) duidelijk. Dat geldt minder voor biologie. Immers het onderzoekje naar de stevigheid van botten was maar één van de vier onderwerpen. Op dit punt verdient het project een verdere uitwerking.

Verbindingen tussen de bètavakken in de brugklas

In de tabel hieronder staat het overzicht van door docenten/secties aangegeven elementen voor een leerlijn ‘onderzoek doen/ontwerpen’ voor de brugklas. Het valt op dat er duidelijke parallellen tussen vakken zijn. Die betreffen met name het leren zelf een onderzoek *systematisch* aan te pakken en het *willen weten*.

Maar er worden in eerste instantie weinig verbindingen tussen de vakken gelegd.

Biologie	Wiskunde	Techniek
Sectie geeft als voorbeelden: <i>“Zelf bedacht proefje”</i> - stappenplan - interesse wekken <i>Ontkiemende bonen</i> - kritische vragen stellen - grafiek maken (verbinding wiskunde) <i>Practicum kippenvleugel</i> - leren observeren - zelf oplossingen vinden	Sectie geeft als voorbeeld: <i>Breukenfeest</i> - zelf vaardigheid met rekenmachine ontwikkelen - overbrengen van kennis met een presentatie	Sectie geeft als voorbeelden: <i>Verbindingen</i> - systematische aanpak met behulp van een stappenplan <i>Bruggen bouwen</i> - optimaliseren
Stevigheid - samenhang tussen de vakken - willen weten - willen delen aan de hand van grafieken		

Bij de betrokken secties is duidelijk de wens aanwezig om een gezamenlijke onderzoekslijn te ontwikkelen, getuige het gezamenlijke project over ‘stevigheid’. Er moet echter nog het nodige gedaan worden om tot een gezamenlijke systematische aanpak of stappenplan te komen.

In het gezamenlijke project blijkt dat leerlingen hun eigen fouten ontdekken. Het onderzoekende houdingsaspect *kritische houding* wordt hier onverwacht door gestimuleerd.

4.3 Elementen voor een leerlijn in leerjaar 2

Op het KWC worden in de tweede klassen de volgende bètavakken gegeven:

- biologie (leerboek: *Biologie voor Jou*)
- wiskunde (leerboek: *Getal en Ruimte*)
- techniek (leerboek: *Techniek*)
- natuur- en scheikunde (leerboek: *Nova*)

Net als in de brugklas is in één van de tweede klassen een vakdoorbrekend project met het oog op het starten van een horizontale leerlijn ‘onderzoek doen’. Het betreft het project ‘water’ waarin de secties natuur- en scheikunde en techniek hebben samengewerkt. Hier wordt in een aparte subparagraaf aandacht aan besteed.

In het vak biologie

De docenten geven aan dat zij de aanzet tot een leerlijn in de brugklas in klas 2 doortrekken. Zij hebben dat toegelicht aan de hand van onderstaande twee voorbeelden.

haaien-snijpracticum: observeren en relaties leggen

Als vervolg op het practicum kippenvleugel doen de leerlingen een haaiensnijpracticum, waarbij ook een haaien-video wordt vertoond. De leerlingen bekijken en vergelijken samen de gesneden haai en gaan zich vragen stellen over hoe de haai in elkaar zit. Zo gaan ze verbanden leggen met de bouw van zoogdieren en met evolutionaire ontwikkeling.

paspoort van een gewerveld dier: creativiteit gebruiken

In deze opdracht moeten de leerlingen zelf een dier ‘verzinnen’ dat 5 miljoen jaar na nu zou leven. Het is de bedoeling dat zij hun kennis van dieren (van lichaamsbouw, eten en gegeten worden, voortplanting, voortbeweging enz.) toepassen. Doordat verschillende aspecten (bijvoorbeeld: ademhaling: diffusie - huid - kieuwen - longen - anders nl.), die op elkaar afgestemd moeten worden, gegeven worden en door het dier, of een detail ervan, te tekenen, gaan ze ook verbanden leggen tussen de verschillende aspecten.

een leerlijn voor biologie in de tweede klas?

In de twee activiteiten herkennen we open opdrachten die voortbouwen op eerdere (snij-)opdrachten en die gericht zijn op het leggen van relaties. Naast het ‘willen weten/maken’ doet de tweede activiteit ook een beroep op creativiteit en fantasie, terwijl de vraag zich opdringt: kunnen de verschillende onderdelen wel bij elkaar passen? (kritische houding)

In het vak wiskunde

Ook in de tweede klas streeft de sectie wiskunde naar het scheppen van een aantal gelegenheden om leerlingen te stimuleren een onderzoekende houding te ontwikkelen. Echter, van de door de sectie aangereikte voorbeelden was er geen uit de tweede klas.

In het vak techniek

In de tweede klas wordt de in gang gezette lijn ‘ontwerpen/onderzoeken’ voortgezet. De docenten streven ernaar opdrachten zo te formuleren dat de

leerlingen niet alleen hun eigen draai eraan *kunnen* geven, maar dat ook *durven* te doen.

boot met rad ontwerpen: optimaliseren

De leerlingen kregen de opdracht een bootje te ontwerpen dat voortgedreven werd door een rad dat in beweging gebracht moest worden door een gedraaid elastiek. Ze testten hun ontwerp in de testbak en verbeterden vervolgens het ontwerp van hun bootje. Uiteindelijk hielden ze een wedstrijd welk bootje ‘het snelste’ ging.

In de klas werd de opdracht ingeleid door leerlingen werkbladen te laten bekijken met schetsen van mogelijke modellen. Verder keken ze welke materialen beschikbaar waren. Vervolgens moesten ze de opdracht lezen en met elkaar bespreken hoe ze die zo goed mogelijk konden uitvoeren. Ook bekeken ze het gereedschap dat beschikbaar was. Tenslotte maakten ze een ontwerp-tekening en voerden het onderzoekje aan de hand daarvan uit.

Tijdens het testen keken de leerlingen naar elkaars ontwerp: waar is het rad geplaatst en hoe is het bevestigd? Loopt het elastiek vast? Hoe komt dat dan? Helpt het om gleuven te maken onder de boot? Ze hadden in eerste instantie de neiging het bootje na te maken dat het het beste deed. De docent deed zijn best die afhankelijke houding te laten varen.

practicum elektronikaborden: een goede schakeling willen maken

Bij dit practicum moesten leerlingen enkele proeven met het elektronikabord doen, maar ze kregen geen letterlijke beschrijving hoe ze het moesten doen. Ze moesten zelf maar uitvinden ‘wat waar moet’. Daarom voerden ze overleg in hun groepje waar de elektronische componenten moesten komen en hoe ze met elkaar verbonden moesten worden.

Vervolgens lieten ze de schakelingen controleren door de docent. Dat was onvermijdelijk, omdat *anders de boel doorbrandt en er is al te veel kapot gegaan, elektronica kost geld*. De docent gaf alleen aan waar eventuele fouten zitten en zei niet hoe het dan wel moest. *Anders blijft er voor leerlingen niets meer te onderzoeken over. Dat stimuleert de discussie in de groepen: “zie je nou wel dat het anders moest”*. Wanneer ze met een aangepaste schakeling terugkwamen, werkte de schakeling meestal wel.

muizenvalauto: ontwerpen

Een gymnasium twee klas kreeg de opdracht: maak een autootje dat aangedreven wordt door een muizenval en dat zo licht mogelijk is. De leerlingen kregen triplex materiaal en een muizenval aangereikt. De meest

gebruikte strategie was de auto zo licht mogelijk te maken door zo veel mogelijk materiaal weg te halen: ronde gaten, hoekige gaten, een wiel met spaken.

Het viel de docent op dat de groepen ook van elkaar leerden: als er iets mislukte bij de ene groep, werd dat door de anderen verwerkt.

een leerlijn voor techniek in de tweede klas?

We herkennen dat door het ontwerpen van een boot de leerlingen, ten opzichte van het maken van een brug in de brugklas, verder kunnen gaan met het leren ontwerpen en optimaliseren. Door (weer) de werkvorm wedstrijd te gebruiken wordt niet alleen het houdingsaspect 'willen weten/maken' gestimuleerd, maar ook 'willen delen'. Die lijn wordt bij het ontwerpen van een muizenvalauto verder doorgetrokken.

In het practicum 'elektronicaborden' herkennen we het onderzoeksaspect minder. Het gaat daar vooral om de vaardigheid schakelingen maken. De opdracht kan niet erg open zijn vanwege de zorg voor het kapot gaan van lampjes en ander schakelmateriaal. Niettemin kan het stimuleren van discussies en van de wil een goede schakeling te maken zeker ook bijdragen tot het ontwikkelen van een onderzoekende houding.

In het vak natuur- en scheikunde

De docenten laten de leerlingen veel practicum doen: over licht, warmte en isolatie, stoffen determineren. Van één op de twee proefjes laten ze een verslag maken. In de richtlijnen voor het verslag, die door de sectie zijn geformuleerd, staan een aantal elementen die kenmerkend zijn voor de leerlijn 'onderzoek doen' die volgens de sectie in de tweede klas aanwezig is:

- je moet eerst een onderzoeksvraag hebben
- je moet zelf een plan van aanpak maken
 - Wat heb je ervoor nodig.
 - Wat wil je eigenlijk gaan doen?
 - Wat wil je uiteindelijk bereiken?
- Je moet aan het eind nagaan of bereikt is wat je wilde.

De volgende proeven zijn genoemd als voorbeelden van activiteiten die een onderzoekende houding bij leerlingen stimuleren.

magnetisme: oefenen met onderzoeksvragen

In een van de eerste NaSk lessen doen de leerlingen een simpel proefje over magnetisme: hoe werkt dat, waar is de magneet het sterkst? Eerst moeten ze proefondervindelijk 'bewijzen' dat alleen ijzer en nikkel worden aangetrokken

door een magneet. Daartoe overleggen ze met elkaar wat geschikte proeven zijn. Die voeren ze samen uit en maken er tekeningen bij. Daarna gaan ze eigen spullen testen: zit er nikkel of ijzer in? Tot slot maken ze samen hun allereerste verslag, waarin ze ook hun 'onderzoeksvragen' moeten vermelden. De docent probeert ze enthousiast te maken, onder andere door ze te belonen. Het gevolg is dat ze extra proeven gaan doen, zelfs thuis. Ook worden er mooie verslagen gemaakt met extra stof en plaatjes van het internet. De docent heeft geen onvoldoendes gegeven, maar wel verslagen laten verbeteren.

isolatieproef: eerlijk vergelijken

Een belangrijk element van de leerlijn 'onderzoek doen' in de tweede klas NaSk is 'eerlijk vergelijken'. Een voorbeeld hiervan is de proef over het vergelijken van het isolerend vermogen van verschillende stoffen.

Verzin zelf een proefje om materiaal te testen wat goed isoleert. Je bent bijvoorbeeld fabrikant van pannen (→ goed warmte geleidend) en oren van pannen (→ goed isolerend materiaal)

De docent laat de leerlingen brainstormen over hoe de isolatieproefjes te verzinnen. De leerlingen brengen zelf isolerend materiaal mee om te testen, zoals wol, stro, een ovenhandschoen. Daarna voeren de leerlingen de practicumproefjes uit en maken een verslag, inclusief een tabel met meetresultaten en een grafiek, op basis waarvan zij een conclusie trekken.

een leerlijn voor NaSk in de tweede klas?

In het magnetisme-proefje herkennen we een aanzet tot een leerlijn onderzoek doen, die wordt voortgezet in de rest van dit leerjaar. De leerlingen leren eisen aan verslag en onderzoeksvragen in NaSk kennen en oefenen bijbehorende vaardigheden. Door de veelheid aan proefjes kunnen ze ook veel praktische vaardigheden leren. Hun *wil tot weten* wordt gestimuleerd en beloond. In de proeven over eerlijk vergelijken wordt ook de *kritische houding* van leerlingen gestimuleerd. Daarnaast is er een aanzet tot het verwerken van gegevens door gebruik te maken van een tabel en een grafiek.

Water: een open onderzoek bij NaSk en Techniek

In het kader van het LOBO-project is een 'horizontaal' element voor een leerlijn 'onderzoek doen' in de tweede klas uitgetoetst: 'Water', een open onderzoek in zowel de NaSk als de technieklessen. Het onderwerp water is geschikt voor een gezamenlijk onderzoek, omdat het voor beide vakken een belangrijk thema is waar verschillende vakonderwerpen aan gekoppeld kunnen worden, zoals fasen en fase-overgangen bij NaSk en waterkracht bij techniek.

het verloop volgens de docenten

Globaal verliep het project volgens de betrokken docenten als volgt. Na een korte introductie vormden de leerlingen groepjes. Ze mochten in het laatste kwartier van een aantal lessen aan de slag om een onderwerp te kiezen en het onderzoekje voor te bereiden. Ze konden ideeën opdoen door op internet en in tijdschriften te kijken. Vervolgens kregen ze gedurende ongeveer twee weken bij NaSk en techniek de tijd om aan hun onderwerp te werken. Sommige groepen werkten in het techniek lokaal en anderen in het NaSk lokaal. De docent, die op dat moment les gaf aan de klas, begeleidde. De andere docent was dan met een andere klas bezig en vond soms de tijd om enkele vragen van de tweedeklassers te beantwoorden. Sommige leerlingen kwamen 's morgens een uur vroeger naar school om alvast aan hun onderzoekje te werken. Ze namen ook dingen van thuis mee.

Aan het eind van het project deden de leerlingen verslag aan elkaar. Daarvoor kregen ze 5 minuten. De leerlingen stelden vragen aan elkaar, wat werd vergemakkelijkt doordat ze elkaars werk tussendoor al een beetje hadden bekeken.

De leerlingen konden voortbouwen op de *structuur die ze al in de loop van het jaar gekregen hadden hoe ze een proefje moesten doen*. De leerlingen legden niet zo veel relatie tussen NaSk en techniek. Dat was niet verplicht; ze mochten zich beperken tot één van de twee vakken.

De docenten namen waar dat het onderzoekje soms niet liep zoals groepjes dat wilden. De leerlingen leerden echter dat ook negatieve resultaten een opbrengst van onderzoek kunnen zijn en dat het zinvol is daarover te rapporteren:

Ja, er gingen natuurlijk dingen fout. Er waren meisjes die wilden kijken hoever waterdruppels van elkaar af waren [...] Uiteindelijk hebben ze een leuk verslagje gemaakt. En dingen die fout gingen, nou, die hebben ze er toen maar in gezet. Niet gelijk bij voorbaat zeggen van: het is niks.

De docenten zijn trots op wat de leerlingen gepresteerd hebben. Zij beloonden de leerlingen om de dingen die ze goed hadden gedaan met hoge cijfers.

de leerlingen over het project

De onderwerpen die de leerlingen bij de LOBO-lessen over 'water' hebben gekozen zijn divers, maar hebben allemaal te maken met water. Enkele door hun zelf geformuleerde titels:

- *voortbeweging op water*

- *ontkalkingsmiddel: oplosbaar?*
- *hoe kun je water zuiveren*
- *energie opwekken met golven*

Er is bij de leerlingen een vragenlijst afgenomen. Verder zijn twee leerlingen geïnterviewd over hun ervaringen.

De vragenlijst over het project 'water' is ingevuld door alle leerlingen van de twee klassen waarin de LOBO-lessen gegeven zijn. Uit de resultaten blijkt dat de groepen samen een onderwerp hebben bedacht. Slechts twee groepjes hebben het onderwerp door de docent aangereikt gekregen. De meeste groepjes maakten na de onderwerpkeuze eerst een plan of gingen informatie zoeken; slechts één groep ging direct proeven doen. Het project is in het algemeen verlopen zoals de leerlingen het wilden en voor een klein aantal leerlingen zelfs *veel beter*. Enkele leerlingen vonden dat ze achteraf gezien een beter verslag hadden moeten maken.

De leerlingen waren zeer tevreden met het resultaat van hun onderzoekje. Daarnaast vonden ze dat ze redelijk veel geleerd hadden van het project. En ze konden kort aangeven wat ze geleerd hadden, bijvoorbeeld *waarom het belangrijk is dat water gezuiverd wordt* en *hoe roest ontstaat en weer verdwijnt*. Als een groepje uit een andere klas hetzelfde onderzoekje zou moeten doen, zouden de leerlingen hun aanraden het ongeveer hetzelfde te doen als zij hadden gedaan. Ze waren achteraf erg tevreden over de kwaliteit van hun eigen werk. De meeste leerlingen konden een onderwerp opschrijven waarover ze een volgend onderzoekje zouden willen doen, bijvoorbeeld *het onderzoeken van druk onder water* en *het verschil tussen eb en vloed*. Slechts een vijfde van de leerlingen kon of wilde zo'n onderwerp niet noemen.

Een groepje van twee leerlingen is geïnterviewd over hun onderwerp (*wij deden kookpunt, hoe lang het duurde voordat het soort water kookte*) en ervaringen. Zij hadden het onderwerp zelf bedacht, waarbij de docent hun bruikbare suggesties had gegeven. Bij de uitwerking maakten ze temperatuur-tijdgrafieken van het verwarmen van water. Toen kwamen ze er achter dat er iets niet klopte bij wat ze gedaan hadden.

Nou, we zaten een beetje in de problemen met de grafiek, want het water had allemaal een verschillende begintemperatuur en daar zaten we een beetje mee. [...] ik heb het aan mijn vader gevraagd en die zei: je moet het wel eerlijk doen. Je moet het wel iets anders oplossen.

Als ze de proef weer zouden doen zouden ze beter op de nauwkeurigheid letten:

De begintemperatuur hetzelfde; iets minder water nemen dan kan de brander op dezelfde stand blijven staan.

Toen ze door hadden dat er met hun grafiek iets niet klopte, gingen ze naar de docent. Daar kwamen ze niet veel verder mee omdat deze hen alleen prees om de mooie grafiek die ze hadden gemaakt. Achteraf zei de docent daarover in een interview:

Misschien moet ik toch ook wat kritischer zijn. Het niet te gauw genoeg vinden. De kinderen zijn ook best kritisch. Ik weet nog dat de observator er nog op wees. Kwamen ze met een grafiek en ja, hij was niet goed. Maar ik dacht: ze hadden er al zoveel werk aan, weet je.

De leerlinguitspraken vormen een illustratie bij het resultaat van de vragenlijst dat leerlingen een kritische houding lieten zien. Het voegt er aan toe dat docenten die kritische houding niet moeten onderschatten, maar onderkennen en waarderen, bijvoorbeeld door een oplossingsrichting aan te geven voor de problemen die de leerlingen signaleren. Dat heeft ook een inhoudelijk aspect. Zo kan, in het specifieke geval van het geïnterviewde groepje, achteraf de vraag gesteld worden of de aandacht van de leerlingen in de loop of aan het eind van hun onderzoekje niet gericht had moeten worden op het kookpunt in plaats van de kooktijd.

De twee leerlingen legden dwarsverbanden tussen onderzoek doen bij verschillende vakken. Ze noemden (observatie-)onderzoek bij biologie (nerven van bladeren bekijken) en bij NaSk (magneten):

A Als je blaadjes of zo moet onderzoeken en je moet naar verschillende dingen kijken, dan weet je wel hoe we het aan moeten pakken; bijvoorbeeld als je naar de nerven moet kijken, dan moet je wel weten hoe je dat doet.

B En hoe je begint.

A Gewoon eerst opschrijven wat je precies wil en zo.

B En dan informatie verzamelen. En dan gewoon gaan uitvoeren.

A En dan verslag.

Interv Jullie hebben wel geleerd om het in stappen te gaan doen? Of hadden jullie dat al eerder ergens geleerd?

A Nee, maar bij de eerste proefjes, dat was met magneten of zo, had ik gelijk van: alles uitproberen en dan daarna de testresultaten opschrijven en het verslag, maar dat hoefde nog niet zo groot.

B We hebben wel geleerd om alles goed in een verslag te zetten.

Daarmee gaven ze ook de onderzoeksstappen aan die ze hadden gezet en die waren vrij nieuw voor hen. De op dat moment meest voor de hand liggende relatie tussen NaSk en techniek was bij hen zelf niet zo uit de verf gekomen:

We hebben niet zo heel veel gedaan met techniek erbij. We hebben eigenlijk alleen natuur- en scheikunde gedaan. Sommigen hebben natuurlijk heel veel met techniek gedaan. Maar wij hadden niet zo iets van: wat moeten we maken, want een brander kan je wel gaan maken...

De leerlingen hadden veel ruimte gekregen voor een eigen onderwerp, maar een duidelijke richting daarbij ontbrak, behalve dat het om water moest gaan.

plaats in een leerlijn?

Het project *water* was succesvol. De docenten waren trots op wat hun leerlingen gemaakt en gedaan hadden. De leerlingen vonden dat ze veel hadden geleerd. In de loop van het onderzoekje wisten ze steeds beter wat ze wilden weten. Aan het eind stelden ze een aanvullende of nieuwe onderzoeksvraag (*willen weten*). De leerlingen waren redelijk *kritisch* over hun eigen prestaties zij het minder dan de leerlingen van de brugklas. Dit ondanks het feit dat de docenten voornamelijk het houdingsaspect *willen weten* hadden benadrukt, met het doel de leerlingen enthousiast te maken voor hun vakken.

Het project was ook succesvol waar het gaat om de samenwerking tussen docenten van verschillende vakken. Maar voor veel leerlingen ontbrak de relatie tussen de twee vakke, zowel wat inhoud betreft als wat ze in de vakken geleerd hadden over onderzoek doen.

Het project past zeker in een leerlijn en verdient verdere uitbouw wat betreft verbinding tussen NaSk en techniek.

Verbindingen tussen de bètavakken in de tweede klas

Uit onderstaand overzicht is enerzijds te zien dat er, behalve in het waterproject, nog weinig dwarsverbanden tussen de vakken gelegd worden. Samen met het overzicht van klas 1 laat het zien dat er mogelijkheden zijn zulke verbindingen aan te brengen.

Biologie	Wiskunde	Techniek	NaSk
Sectie trekt leerlijn uit brugklas door	Sectie wil voortbouwen op elementen uit brugklas	Sectie bouwt voort op het stappenplan uit de brugklas	Sectie start leerlijn
Sectie geeft als voorbeelden: <i>Haaien snijpracticum</i> - observeren - verbanden leggen <i>Paspoort voor een gewerveld dier</i> - creativiteit - verbanden leggen	Sectie heeft geen voorbeelden gegeven	Sectie geeft als voorbeelden: <i>Boot met rad ontwerpen</i> - optimaliseren: zelf verbeteringen bedenken <i>Elektronicaborden</i> - een goede schakeling willen maken - samenwerking - zelf oplossing verzinnen <i>Muizenvalauto</i> - optimaliseren: zo licht mogelijk maken	Sectie geeft als voorbeelden: <i>Diverse practica</i> - onderzoeksvraag - plan van aanpak - verslag: wat heb ik bereikt? <i>Magnetisme</i> - oefenen met onderzoeksvraag - verslag <i>Isolatieproeven</i> - eerlijk vergelijken - grafieken
			Waterproject - dingen onderzoeken of maken en uitproberen - zelf stappenplan bedenken en uitvoeren - eigen inbreng

Net als in de brugklas was het niet gebruikelijk dat de bètavakken in de tweede klassen expliciet op elkaar aansluiten. Volgens de docenten is het al lastig gelegenheid te vinden om overleg binnen de sectie te voeren:

We hebben een heel leuke sectie, wij zien elkaar af en toe in een kabinet of de wandelgangen, dan praat je wel even bij. Van: ik heb dit

wel voor je. Ik denk dat dit veel beter werkt dan de echte vergaderingen.

Tussen de secties is nog moeilijker, maar komt soms wel voor:

We vragen dan sommige dingen wel, aan de wiskundeleraar. Hebben ze dit nou wel gehad? Dan sta je te kijken. Nee, dat valt toch wel tegen.

Het waterproject is een aanzet tot een horizontale leerlijn in leerjaar twee die de verbinding tussen de vakken zichtbaar maakt. Bij de leerlingen echter komt de verbinding tussen de twee vakken niet goed over. Daar is nog ruimte voor verbetering.

4.4 Elementen voor een leerlijn in leerjaar 3

In de derde klas worden op het KWC de volgende vakken gegeven:

- wiskunde (leerboek: *Moderne Wiskunde*)
- natuurkunde (leerboek: *Nova*)
- scheikunde (leerboek: *Pulsar Chemie*)
- verzorging (leerboek: *Zorg op maat*)

In het kader van het LOBO-project, schooljaar 2002/2003, hebben de docenten van natuurkunde, scheikunde en verzorging een begin gemaakt met het afstemmen van 'onderzoek doen' door een gezamenlijk project te doen over pinda's.

In het vak wiskunde

In de derde klas worden er bij wiskunde verschillende activiteiten gedaan die elementen voor een leerlijn 'onderzoek doen' bevatten. Net als in de lagere klassen hangt het sterk af van de docent hoe er aan een onderzoekende houding wordt gewerkt.

kansen: voorspellen, experimenteren en bewijzen

Een voorbeeld van het ontwikkelen van een onderzoekende houding is een les over kansen waarin de leerlingen eerst op hun gevoel iets zeggen over de grootte van de kans, dan de (experimentele) kans bepalen door een experimentje een aantal keren uit te voeren. Ten slotte moeten ze proberen de kans theoretisch te berekenen.

De betrokken docent vertelde hoe die les liep. In groepjes maakten de leerlingen een schatting van de kansen. Vervolgens deden ze het experiment en maakten op grond daarvan een betere schatting. Daarna beredeneerden ze

wat de theoretische kans was. En tot slot maakten ze een verslag. De docent liep begeleidend rond en gaf tips onder andere over hoe ze het experiment konden aanpakken en hoe ze de gegevens konden noteren.

Bij één van de onderdelen was 90 % van de leerlingen (ten onrechte) ervan overtuigd dat de kans een half was. Toen ze het experiment deden, gingen ze beseffen dat het toch wel eens anders kon zijn. Ze gingen bedenken waar het hem in zat en probeerden elkaar te overtuigen.

driehoek met hoekpunten op de cirkel: een bewijs vinden

De sectie wiskunde wil de leerlingen in klas 3 stimuleren om met elkaar een bewijs te zoeken en daarbij een systematische aanpak te volgen. Daartoe krijgen de leerlingen drie opeenvolgende groepsopdrachten, die elk worden nabesproken.

Eerst krijgen ze de opdracht een overzichtje te maken van de verschillende soorten driehoeken en hun eigenschappen (oproepen van voorkennis). In de nabespreking wordt de aandacht onder andere gericht op dat de som van de hoeken 180° is en op eigenschappen als gelijkbenig, gelijkzijdig en rechthoekig.

Vervolgens krijgen de leerlingen de opdracht een cirkel te tekenen met daarin een driehoek met de middellijn als basis en het derde hoekpunt op de cirkel. Ze tekenen verschillende voorbeelden. De overeenkomsten leiden tot het opmerken van een karakteristieke eigenschap van al die driehoeken: ze zijn allemaal rechthoekig. In de bespreking wordt dit geïnteressantiseerd: is dat altijd zo? Zo ja, probeer elkaar daarvan te overtuigen (volgende opdracht) en de eerste die de docent overtuigt krijgt een marsreep. Ze krijgen er enkele tips bij, onder andere om als hulplijn de verbinding tussen het hoekpunt en het middelpunt van de cirkel te trekken.

fotolijstje: oriënteren, uitvoeren, terugblikken

Als vervolg op genoemde systematische aanpak biedt de sectie wiskunde de leerlingen een expliciet stappenplan voor probleem-oplossen aan in een opdracht over een *fotolijst*.. Dit is een 'inleveropdracht' waarbij leerlingen de oppervlakte van de lijst om een foto moeten berekenen. Het gaat om het toepassen van een kwadratische vergelijking in een praktische context. De leerlingen moeten van te voren nadenken waar het over gaat, of ze het probleem herkennen en welke voorkennis van belang kan zijn (oriënteren). Dan moeten ze een aanpak bedenken en uitvoeren. Ze moeten bij de uitvoering volhouden, niet te snel de moed opgeven. Bij de terugblik wordt gevraagd of het probleem inderdaad opgelost is, of ze op moeilijkheden zijn gestuit en

hoeveel tijd ze eraan hebben besteed. Deze opgave is als extra opdracht toegevoegd om leerlingen te stimuleren dieper na te denken.

Bijlage KWC-4 bestaat uit twee door leerlingen ingevulde antwoordbladen van dit onderzoekje. Daaruit blijkt dat de leerlingen zich inderdaad hebben georiënteerd, al konden deze twee zich niet de soortgelijke vraag over de rand van een zwembad uit klas 2 herinneren. De ene leerling is, onder andere dankzij een adequate tekening en formule, in staat om de opgave op te lossen door handige waarden te proberen. De andere leerling slaagt er niet in tot een oplossing te komen, want de leerling is geheel gericht op formules (oppervlakte, omtrek). De tekening lijkt de leerling pas laat in het oplossingsproces gemaakt te hebben. Bovendien is die niet nauwkeurig. De leerling probeert aan te geven wat hij fout doet, maar weet vervolgens geen oplossing te vinden, ondanks hulp uit zijn omgeving.

Deze voorbeelden geven aan dat de opdracht succesvol is in het zichtbaar maken van het zoekproces van de leerlingen en hen bewust te maken van de zwakke punten van hun manier van werken. De leerling die het lukte, merkte op: *ik had ook geluk* (bij het gokken van de uitgeprobeerde getallen). De leerling waarbij het niet lukte, weet waaraan het schort: *'ik weet niet hoe ik de vierkanten op de hoeken moet berekenen'*.

Kortom, we vinden erin aanwijzingen dat de leerlingen inderdaad iets hebben geleerd over het aanpakken van een wiskundig onderzoekje.

een leerlijn voor wiskunde in de derde klas?

In de drie voorbeelden herkennen we een opzet die ruimte geeft voor inbreng van leerlingen: oriënteren, verwondering, experimenteren en vervolgens 'zeker willen zijn' van een resultaat door 'bewijzen'. Bij de driehoek-opdracht kristalliseert zich dat uit tot een stappenplan (zich oriënteren; veronderstelling maken en 'zekerheid' willen, dan uitvoeren). Ook zien we hier stimuleren tot 'willen delen', eerst met het doel ervaringen uit te wisselen; daarna met het doel de kwaliteit van de redenering te testen (is het bewijs goed?). In de fotolijstopdracht wordt daar nog een extra stap aan toegevoegd: terugblikken.

In het vak natuurkunde

De sectie natuurkunde is zich ervan bewust dat het practicum van het derde leerjaar nog voornamelijk een *kookboekgebeuren* is. En dat zouden ze wel willen veranderen.

Als ik nu in de derde kijk, bij licht, dan zijn het toch allemaal proefjes van 'jongens doe dat en dat en meet het'. Dat is zo voorgekookt.

Dan zou niet meer het ‘doen’ van practicum, het volgen van het stencil, maar het ontwikkelen van een onderzoekende houding voorop moeten staan. Er zijn bij de sectie twee zorgen die dat doel in de weg staan. Ten eerste de vrees dat open opdrachten te veel tijd kosten waardoor het programma in het gedrang komt. Toch ziet men ook wel de voordelen ervan

Als de leerlingen er langer mee bezig zijn, er een aha-erlebnis optreedt kan het rendement 10 keer zo groot zijn. Geef ze dus een lampje, een lens.

Een tweede zorg betreft de natuurkundige inhoud zelf: *hoe geef je ze een formule, want die kunnen ze toch niet zelf ontdekken.*

Ondanks deze aarzelingen heeft de docent van de derde klas enthousiast meegedaan aan het LOBO-project met een onderzoek naar pinda's als energiebron, samen met de vakken scheikunde en verzorging, waarover verderop wordt gerapporteerd.

een leerlijn voor natuurkunde in de derde klas?

De onderzoeksleerlijn die in de tweede klas gestart is, vindt bij natuurkunde nauwelijks nog vervolg in het derde leerjaar. Maar de bereidheid om eraan te gaan werken is er, vanuit de wens om bij leerlingen een onderzoekende houding te ontwikkelen, en het groeiende vertrouwen dat dat tot effectief onderwijs kan leiden.

In het vak scheikunde

De scheikundesectie van de derde klas ervaart dat er binnen de lessen scheikunde, gegeven aan de hand van het boek *Pulsar Chemie*, vrij veel open opdrachten zijn die ruimte geven voor verbazing bij de leerlingen. Maar er zijn twee factoren die het doen van open onderzoek hebben belemmerd: tijdgebrek en het wennen aan het nieuwe boek, dat nog niet eerder gebruikt werd.

Ik wilde meer onderzoek, open onderzoek laten doen... Kijk, het klinkt weer heel raar: ik heb tijdgebrek. [...] En het is de eerste keer dat ik het boek doe [...] Ik heb het onderzoek laten zitten om eerst te kijken hoe het met het boek gaat.

De sectie noemde een zestal voorbeelden van opdrachten uit het leerboek die een onderzoekende houding bij leerlingen stimuleren. We bespreken hieronder de ervaringen met twee ervan. Daarnaast beschrijven we in een andere paragraaf het scheikunde-deel van het LOBO-onderzoekje in klas 3.

suiker oplossen: het beantwoorden van een onderzoeksvraag

Aan het einde van hoofdstuk 1 van Pulsar Chemie staat, in het kader van 'onderzoekswerk', de onderzoeksvraag: welke vorm suiker lost snel op in thee? Het onderzoekje wordt vrij sterk gestructureerd aangeboden: naast de onderzoeksvraag zelf worden allerlei suggesties gegeven voor een werkplan. De leerlingen worden georiënteerd op vragen als 'hoeveel gram neem je?' en 'hoeveel water neem je?' Gegeven wordt welke apparatuur je nodig hebt en ook wordt een tabel gegeven waarin metingen kunnen worden genoteerd. Toch blijft er, naar de ervaring van de scheikunde docent, veel over waarover leerlingen moeten nadenken en beslissingen moeten nemen:

Dan krijgen ze vier soorten suiker van me en dan zeg ik: zie maar hoe je dat op gaat lossen. En ik moet eerlijk zijn: een heleboel mensen vergissen zich hierin. Want: moet je nou wel roeren, moet je het verwarmen of niet verwarmen? Hoe hard roer je? Hoe meet je de tijd? Dan zijn er mensen die drie, vier opstellingen tegelijkertijd bouwen, maar dat gaat dan niet, want dat kunnen ze niet bijhouden.

Er doet zich bij het meten ook een conceptueel probleem voor: hoe kun je nou het oplossen van de verschillende soorten eerlijk vergelijken? In het boek wordt door de oriënterende vraag "hoeveel gram suiker gebruik je steeds van iedere soort suiker (één theelepels suiker is ongeveer 3 gram)?" gesuggereerd dat leerlingen van alle soorten dezelfde hoeveelheid nemen. Dat kan echter niet. Immers, een klontje is niet dezelfde hoeveelheid als een schep suiker of een brok kandij. De oplossing voor dit probleem wordt alleen impliciet gegeven: in de voorgedrukte tabel in het boek staat "oplossnelheid in g per seconde". Het is geen wonder dat de leerlingen dit niet oppikken en de proef op dit punt als een kookboekproef uitvoeren. Het stimuleren van een onderzoekende houding zou vereisen dat leerlingen zelf een manier vinden om eerlijk te vergelijken.

kringloop van koper: verbazing

De scheikunde docent noemt de proef 'reacties met koper' (Pulsar Chemie, blz. 92) als beste voorbeeld van een proef waarmee de leerlingen hun onderzoekende houding kunnen ontwikkelen. Dit vanwege de verbazing van leerlingen dat je koper kunt laten verdwijnen en het weer terug kunt krijgen.

Wat ik goed vind aan deze vraag is dat hij verschillende stappen bevat. En je wordt aan de hand van de vragen erbij gepakt wat er gebeurt. Kijk, dit is een verbazingsproef: wat gebeurt er? Je hebt eerst koper. En dan wordt op een of andere manier een blauwe oplossing en daarna wordt het in een keer zwart... En bruin... En dan doe ik er een

*beetje van dit bij en een beetje van dat en dan wordt het weer blauw.
En dan staalwol en dan wordt het in een keer weer koper.*

De docent laat de leerlingen tijdens de proef, die hij zelf voordoet, in het ongewisse over wat er gaat gebeuren en in de nabespreking stelt hij vragen als: ‘Wat heb je nou gezien?’ en ‘Wat kun je hier nu uit afleiden?’.

een leerlijn voor scheikunde in de derde klas?

De twee voorbeelden zijn een illustratie van een probleem dat zich voor de scheikundesectie voordoet. Het leerboek Pulsar noemt een aantal opdrachten ‘onderzoek’, omdat er vaardigheden geoefend worden die nuttig kunnen zijn bij onderzoek doen. Ook zijn er experimenten die verwondering willen wekken. Maar er is niet echt sprake van open opdrachten die ruimte geven voor inbreng van leerlingen. Daarmee ontbreekt ook een stimulans tot het ontwikkelen van een kritische houding.

We constateren dat de sectie wel onderzoek doet, maar worstelt met de vraag die vergelijkbaar is met die van de natuurkunde sectie: hoe geven we ruimte voor inbreng van leerlingen terwijl toch de gewenste scheikundekennis ontwikkeld wordt?

In het vak verzorging

De plaatsing van het vak verzorging in de derde klas op het KWC biedt de mogelijkheid om leerlingen veel zelf te laten uitzoeken. De docent noemde de volgende opdracht als een voorbeeld van het stimuleren van een onderzoekende houding in haar klassen. Tevens werkte deze mee aan het LOBO-onderzoekje in klas 3.

alcoholpracticum: zelf een methode bedenken

In het alcoholpracticum werken de leerlingen aan de beantwoording van de vraag:

Hoeveel alcohol zit er in een consumptie en wat is het alcoholpercentage van die consumpties? Neem wijn, bier en jenever als soorten consumpties.

De leerlingen krijgen diverse soorten drinkglazen en kunnen kiezen uit verschillende soorten maatbekers. Als informatie krijgen ze ook dat ze *per glas* 12 ml limonadesiroop moeten gebruiken als alcohol. Verder krijgen de leerlingen geen suggesties.

In de klas stimuleert de docent de leerlingen in het oog te houden wat ze eigenlijk aan het doen zijn. Kunnen ze een formule opstellen voor het alcohol-

percentage? De docent wil hen vooral geen oplossing geven, want ze moeten er zelf achter komen. De ervaringen van de docent zijn dat de leerlingen heel gretig zijn om tot een oplossing van het gestelde probleem te komen. Ze zijn erg trots als ze een oplossing hebben en willen graag weten of die goed is. Dan merken ze ook dat er meerdere manieren zijn om tot een oplossing te komen en dat sommige daarvan beter of van een hoger niveau zijn.

een leerlijn voor verzorging in de derde klas?

In de genoemde voorbeelden zien we elementen van ‘onderzoek doen’, maar een duidelijke opeenvolging ervan zodat een leerlijn ontstaat ontbreekt ons inziens nog.

De alcoholopdracht is *open*: er is geen werkwijze gegeven. De leerlingen moeten zelf methoden bedenken om de *vraag op te lossen* en krijgen daarbij gerichte aanwijzingen. Het heeft tot gevolg dat de leerlingen *willen weten* hoe het zit en gevoel krijgen voor verschillen in kwaliteit van de oplossingen (*kritische houding*).

Het pindaproject bij natuurkunde, scheikunde en verzorging

Het gezamenlijke pindaproject werd in het kader van het LOBO-project bedacht door drie docenten die natuurkunde, scheikunde en verzorging in dezelfde derde klas gaven. Het project kon onder andere om roostertechnische redenen (perioderooster) niet gezamenlijk in de klas gegeven worden, maar werd in de hieronder genoemde volgorde bij de vakken uitgevoerd. Bij natuurkunde deden de leerlingen aan het eind van een roosterperiode een onderzoekje naar de verbrandingswarmte van pinda's, bij scheikunde bepaalden ze aan het begin van de daaropvolgende periode het vetgehalte van pinda's en bij verzorging onderzochten ze tenslotte de invloed van pinda's op het cholesterolgehalte in het bloed, gebruik makend van internet.

lesverloop bij natuurkunde volgens de docent en observant

Voor het natuurkundedeel was een les van 75 minuten beschikbaar. De voorgaande les hadden de leerlingen alle opdrachten op papier gekregen. De eerste, oriënterende opdracht moesten ze thuis maken. Die ging over de vorm van energie in pinda's en de energiewaarde van pinda's. Verder moesten ze nadenken hoe je die waarde zou kunnen bepalen.

De docent begon het project met een korte toelichting over het doel: de energiewaarde van de pinda zo goed mogelijk bepalen en kijken wie zo dicht mogelijk in de buurt van de waarde uit het leerboek zou kunnen komen. Hij

besprak de huiswerkopdrachten. De leerlingen brachten allerlei ideeën naar voren die de docent verrasten: de pinda's fijnhakken en dan in een petrischaaltje aansteken om de energie er zo goed mogelijk uit te laten komen; de pinda aansteken en dan in een bakje met water gooien, zodat alle energie die dan vrijkomt, gemeten kan worden. De leerlingen vonden ook dat iedereen, vanwege het eerlijk vergelijken, een even grote pinda moest nemen. De docent liet ruimte voor deze ideeën, maar wijdde er geen discussie aan. Dus toen de leerlingen aan de slag gingen, voerden ze hun ideeën uit. Er was een groep die de pinda aanstak en die vervolgens onder water dompelde om de 'vrijkomende' warmte op te vangen: *o ja, dat gaat natuurlijk niet!* Anderen hakten de pinda fijn waardoor ze hem niet meer konden aansteken.

Zo duurde het even voordat alle groepen door hadden dat zij de brandende pinda, gestoken aan een metalen pin, het beste onder een bakje water konden houden. Daarmee was meteen ook een ander aanvankelijk (maar onuitgesproken gebleven) probleem opgelost: "hoe ga je de energie meten?"

Om de warmte op te vangen hadden ze de keuze tussen bakjes van ijzer, van glas, plastic koffiebekertjes. Welke te kiezen? En wat is een handige hoeveelheid water? Deze vragen werden niet echt bediscussieerd in de groepen, ze kozen wat ze gewend waren, een glazen bakje en 100 ml leek wel een aardige hoeveelheid water.

Vervolgens kwam het probleem van de grootte van de pinda's terug. Hoe weten we nu of we een even zware pinda hebben als de anderen? De meesten hoorden van de docent dat ze het gewicht van de pinda moesten bepalen voordat ze die in brand staken. Voor de meeste groepjes werd pas achteraf (of helemaal niet) duidelijk waarvoor het wegen nodig was².

Bij de uitvoering gingen groepjes de vlam afschermen om alle warmte/warme lucht op te vangen en te gebruiken om het water warm te maken. Sommigen deden dat zo effectief, dat ook de toevoer van lucht werd afgesloten waardoor de vlam uitging.

De leerlingen geloofden nauwelijks dat de temperatuurstijging die hun pinda bij hun water teweegbracht zo groot kon zijn. Sommigen herhaalden daarom de proef; anderen moesten hem wel herhalen omdat ze niet aan het wegen gedacht hadden.

Daarna gingen ze aan het rekenen, wat ook de nodige problemen opleverde. Conceptuele problemen zoals vergeten de vrijgekomen warmte te delen door de massa van de pinda. Rekenproblemen zoals fout omgaan met machten van

² Dit probleem is vergelijkbaar met het probleem betreffende de hoeveelheid suiker bij de oplosproef bij scheikunde, beschreven in een eerdere paragraaf.

ten. En problemen met eenheden zoals omrekenen van *per gram* naar *per kilogram*.

De leerlingen begrepen wel dat niet alle warmte in het water was gekomen. De meeste groepen noemden 'warmteverlies' en leken daarbij te denken aan de warme lucht die 'naast' het water was gegaan. Een enkeling dacht aan de warmte die in de temperatuurverhoging van het waterbakje was gaan zitten. Andere 'verliesbronnen' zoals het onvolledig verbranden van het pindavet (te zien aan zwarte aanslag die onder op de waterbakjes kwam) werden niet genoemd.

Bij de bespreking van de resultaten (wie is het dichtste bij de waarde uit het boek gekomen?) deed zich het probleem voor dat sommige leerlingen zo dicht bij de opgegeven waarde kwamen dat de docent het vermoeden had dat ze ergens een fout gemaakt hadden. Het gevolg was dat hij de discussie over wie er het beste gemeten had en zo het dichtste in de buurt van de waarde uit het leerboek was gekomen, uit de weg ging.

de leerlingen over het natuurkundedeel

De zeven leerlingen (drie groepen), die over het pindaproject als geheel geïnterviewd werden, vonden de natuurkundeproef over pinda's best leuk, leuker dan een normale les. Ze hadden een echt doel, ze wilden iets weten en wisten waarmee ze bezig waren. En er was ook verrassing:

Je verwacht iets anders van zo'n klein pindaatje. Meestal eet je 't op zonder er bij na te denken en opeens blijkt dat je er toch zoveel dingen mee kan doen.

Maar ze vonden de natuurkundeproef ook wel moeilijk. Een aantal problemen die tijdens de les signaleerd waren, brachten ze onder woorden. Zo was het hun niet duidelijk hoe je de energie uit een pinda kunt krijgen om het te meten:

We hebben eerst geprobeerd om het in een bakje te doen en uit te knijpen en toen hebben we net als de anderen 'm aan een stokje geregen.

Het probleem van de grootte van de pinda's en het nut van het wegen was voor één geïnterviewd groepje tijdens de les niet opgelost en bestond nog steeds:

Op een gegeven moment kreeg je van die gesloten pindadoppen en dan dacht ik: zo kan je ook niet uitrekenen of iedereen even grote pinda's heeft. Dan denk je zo van: nou, we doen het gewoon maar.

Dit betekent dat het idee van verbrandingswarmte als [J/kg] nog niet goed tot de leerlingen was doorgedrongen.

De leerlingen vertelden enthousiast over de maatregelen die ze namen om *de warmte niet te laten ontsnappen* en over 'eerlijk meten'. Eén groep had een plastic bekertje als deksel voor het bakje water gebruikt. Dat vloog echter in brand:

Het was niet helemaal eerlijk om die waarde op te schrijven. We zijn gewoon gestopt toen dat bekertje in de brand vloog.

Een andere groep had het water in een plastic bekertje gedaan, op suggestie van de TOA. Ze waren verrast dat dat kon:

We waren bang dat ie helemaal zou smelten, maar het water neemt dan alle hitte op, dus dat gebeurde niet.

Ze vonden het wel jammer dat er geen antwoord was gekomen op de vraag welk groepje nu het beste gemeten had. Ze begrepen wel ongeveer waarom:

Toen moest je de energie uitrekenen, maar toen hadden we een beetje verkeerd gerekend. Hadden we iets van 2,45 megajoule of zo, terwijl het in het echt 2,5 was, en dat kon helemaal niet.

We concluderen dat het natuurkundeonderdeel van het pindaproject leerlingen de ruimte bood te oefenen met onderzoek doen. In eerste instantie vonden ze het gewoon leuk de proef te doen, maar dan werden ze geraakt door vragen als 'hoe pak je het aan?' (waarbij ook conceptuele problemen spelen), 'hoe kun je het zo nauwkeurig mogelijk doen?' en 'hoe komt het nu dat het water zo warm kan worden door één zo'n pinda?' Kortom, de leerlingen leerden onderzoeksvaardigheden en hun onderzoekende houding werd gestimuleerd, met name de aspecten *willen weten* en *kritische houding*.

lesverloop bij scheikunde volgens de docent en observant

Voor dit project was een les van 75 minuten beschikbaar. De les vond plaats na het natuurkundedeel. Het scheikundeproject bestond uit vijf delen: een oriëntatie; maken van een eigen werkplan; bijstellen aan de hand van een voorschrift; uitvoeren van het voorschrift en uitwerken van de metingen. De leerlingen kregen een opdrachtenblad met antwoordruimte.

In het oriëntatiedeel werd als de onderzoeksvragen gegeven:

Welk bestanddeel in de pinda draagt het meeste bij aan de energie uit pinda's, en hoeveel van dit bestanddeel bevat een pinda?

De eerste opdracht beoogde aan te sluiten bij het pindaproject bij natuurkunde. Daarna kregen de leerlingen de gelegenheid een eigen werkplan te maken, waarvoor ze een hoofdstuk uit hun boek moesten bestuderen. Leerlingen

bedachten om welk bestanddeel het zou kunnen gaan (ze dachten aan koolhydraten, olie, vet) en zochten een manier om vet uit de pinda's te halen. Het werkplan zetten ze op een poster en ze bekeken elkaars werkplan met het doel het te verbeteren.

In de discussies rond de posters vielen naast het begrip 'oplossen' (maar leerlingen wisten geen oplosmiddel) woorden als destilleren en indampen. Een groep wilde het vet direct uit de pinda destilleren maar vroeg zich af of dat wel kan bij een vaste stof. Het resultaat van de discussie was: los eerst het vet op in een oplosmiddel (sommigen hadden het over 'water') en ga de oplossing dan destilleren. Zij leverden hun verbeterde plan in bij de docent en kregen ervoor in ruil het voorschrift hoe ze het beste het vet uit de (fijngestampte) pinda's konden extraheren. De eigen werkplannen konden niet gevolgd worden vanwege het gevaar van inademen van oplosmiddelen. De docent verduidelijkte dat als volgt:

Het enige is, daarvoor heb ik over de mail een discussie gehad met [..], het feit dat ik een voorschrift móet geven. Je zit met je wasbenzine. Dat is een stofje dat je niet in de lucht wilt hebben. Qua veiligheid ben je een beetje aan het schipperen tussen 'onderzoekende houding' en 'wat is mogelijk?'.

Het volgen van het voorschrift was voor de leerlingen dat zij een houvast hadden wat ze moeten doen. Maar het had ook een belangrijk nadeel: de leerlingen zagen niet meer waarom ze iets moesten doen. Verder lazen ze niet goed en daarom volgden ze het voorschrift maar gedeeltelijk. Ze vertrouwden vooral op de aanwijzingen van de docent en de TOA. Er was bijvoorbeeld onduidelijkheid over het wegen van de pinda's: als losse nootjes, met of zonder velletje; of geprakt in een reageerbuis? Tijdens het extraheren was het sommige leerlingen niet duidelijk dat het vet in de wasbenzine oplost:

Wat moet dan in de wasbenzine? De pinda of de olie?

Er was bovendien tijdgebrek, bijvoorbeeld om alle wasbenzine uit het residu te laten verdampen. Met als gevolg dat er vreemde resultaten uitkwamen: sommigen kregen meer gewicht aan olie uit de pinda dan dat de pinda gewogen had. Omdat ze niet meer precies wisten wat ze precies gedaan hadden, konden ze hun resultaat niet verklaren. De kritische houding van de leerling werd niet bevredigd. Hun probleem kon niet opgelost worden omdat het laatste deel van het project gehaast gedaan moest worden door tijdgebrek.

de leerlingen over het scheikundedeel

De zeven geïnterviewde leerlingen vertelden ook wat ze van het pindaproject bij scheikunde vonden. Ze waren wel tevreden over het maken van de poster en het bekijken van elkaars poster:

Je moest eerst een poster maken; dan gingen we bij de anderen kijken. Het ging over of je ging extraheren en alles. Onze poster week een klein beetje af, dus dan gingen we maar even kijken bij de rest. En uiteindelijk is het wel goed gegaan

Nadat ze hun poster verbeterd hadden, moesten ze het onderzoek niet volgens hun eigen ideeën, maar volgens het voorschrift van de docent doen. De meningen daarover waren verdeeld. Het voordeel van het voorschrift was volgens een van de leerlingen:

[de docent] ging later ook nog alle punten opschrijven, dus het kon ook niet gigantisch fout gaan. Dat was wel fijn.

Maar het had ook een belangrijk nadeel: de leerlingen zagen niet meer wat ze precies deden en waarom:

Ik wist niet waarmee ik bezig was eigenlijk en nu weet ik nog steeds niet wat het nut ervan was, want je moest aan het begin het wegen en aan het eind kreeg je een veel grotere waarde eruit. Dus ik dacht van: dat is wel heel raar.. En dat was bij iedereen. Dus... Ik weet nog steeds niet wat ik gedaan heb eigenlijk.

Omdat ze niet meer precies wisten wat ze gedaan hadden, konden ze hun resultaat, meer gewicht aan vet dan het oorspronkelijke gewicht van de pinda, niet verklaren en de tijd voor een bespreking ontbrak. De kritische houding werd zo niet bevredigd, maar ze moesten zich maar bij het resultaat neerleggen:

Ik dacht: het hoort zo, het zal wel zo zijn.

We concluderen dat dit project over het bepalen van het vetgehalte van pinda in aanzet ruimte geeft voor een aantal aspecten van onderzoek doen, zoals een plan van aanpak verzinnen en *willen delen* via posters. Helaas moesten de leerlingen hun eigen plannen inruilen voor het voorschrift van de docent. Dat was volgens de docent nodig vanwege veiligheid en de beschikbare tijd om het project goed uit te voeren. De leerlingen raakten daardoor de draad kwijt en konden hun resultaten niet bevredigend interpreteren.

Verder merken we op dat het scheikundeproject inhoudelijk wel op het natuurkundeproject voortbouwde, maar niet wat onderzoek doen, betreft.

lesverloop bij verzorging volgens de docent en observant

Voor dit afsluitende deel, dat na het scheikundedeel plaatsvond, was een les van 75 minuten beschikbaar. De opdracht ging over kritisch gebruik van internet. De leerlingenhand-out is opgenomen als bijlage KWC-5.

De leerlingen zaten in een computerlokaal. De docent besprak eerst de antwoorden van de leerlingen bij hoofdstuk 16 (*Ik ziek?*) uit het boek. Daarna richtte ze de aandacht op cholesterol:

Stel de diagnose is: cholesterol is te hoog.

De leerlingen moesten opschrijven wat ze wisten over cholesterol en wat ze aan de dokter zouden vragen. Ze moesten in het boek kijken of er een antwoord op hun vraag in staat. En vervolgens gaf de docent de opdracht informatie op internet te gaan zoeken (met tips hoe dat te doen) en met name over de vraag:

Wat heeft pindaakaas voor invloed op jouw cholesterol?

De leerlingen moesten in tweetallen een eigen onderzoeksvraag opschrijven. De leerlingen gingen hard aan de slag met de computer. Ze moesten drie verschillende sites opzoeken en de informatie over pindaakaas en cholesterol vergelijken. Ze waren verbaasd te vinden:

In pindaakaas zit linocitol en dat zorgt ervoor dat het cholesterol verlaagt

Maar ze vonden ook websites waarin dit wordt bestreden. De tegenstrijdige informatie op internet stimuleerde hen na te denken over de betrouwbaarheid van sites. De onderlinge discussies en die met de docent gingen over de vraag welke informatie je nu moet geloven en welke niet. De docent signaleerde dat het verwerken van informatie van internet voor leerlingen moeilijk is:

Lezen doen ze niet graag, ze geven het dan makkelijk op. Ze leggen zich vaak neer bij het eerste antwoord.

Daarom vond de docent achteraf dat het doen van een 'lees'-projectje minder bijdroeg aan de vorming van een onderzoekende houding dan ze wilde. Het zou ook kunnen zijn dat het probleem zit in de combinatie van het interpreteren van moeilijke woorden en de interesse voor het onderwerp.

We concluderen dat de opdracht inderdaad leidde tot verrassing bij leerlingen en dat het de *kritische houding* ten opzichte van informatie van internet stimuleerde.

de leerlingen over het verzorgingsdeel

De volgende gegevens zijn afkomstig van de evaluatieve vragenlijst die na de les verzorging bij de leerlingen is afgenomen.

Alle leerlingen hadden een onderzoeksvraag opgeschreven. Tweederde van hen herhaalde de onderzoeksvraag van de docent in een eigen formulering. Een paar hadden als vraag ‘wat is het cholesterolgehalte van pindakaas?’ en een klein aantal stelde een algemene vraag over pindakaas en gezondheid, zonder cholesterol erbij te betrekken.

Uit de vragenlijstgegevens blijkt dat ze maar matig tevreden waren over de les. Sommigen vonden het saai, anderen vonden het te makkelijk. En de leerlingen vonden dat ze niet zeer veel hadden geleerd. Niettemin schreven alle leerlingen een zin op over wat het voornaamste is dat ze geleerd hadden. Ruim de helft noemt iets over voeding (pindakaas) en cholesterol, een derde schrijft iets over het goed/slecht/gezond zijn van pindakaas en enkelen noemen iets algemeen ('niet alles is alleen maar slecht voor je'). De helft van de leerlingen formuleert desgevraagd een nieuw onderwerp dat ze zouden willen onderzoeken, bijvoorbeeld *of ander beleg ook goed is voor je lichaam*.

De eerder genoemde zeven leerlingen die werden geïnterviewd over het pindaproject als geheel gaven ook hun visie op de verzorgingslessen. Ze hadden de les niet zo uitdagend gevonden. Niettemin toonden ze zich verrast door wat ze over pinda's en cholesterol op internet vonden. Ze hadden gedacht: pinda's hebben een hoge voedingswaarde (dat wisten ze uit de natuurkundeles) en zal dus wel slecht zijn voor je gezondheid. Ze leerden:

Wij hadden een artikel gevonden dat het juist goed bleek te zijn voor cholesterol. Echt heel raar! We probeerden onze eigen conclusie te maken [= hoge voedingswaarde, dus slecht] te onderbouwen met dingen die we vonden op internet en toen konden we dus ook zien dat we het eigenlijk helemaal fout hadden.

Dat riep ook op of de sites wel betrouwbaar waren. Niet betrouwbaar vonden ze als het meningen van personen waren of als het om reclame voor een bepaald merk pindakaas ging. Wel betrouwbaar vonden ze de Voedingswijzer of als het om feiten of een medisch advies ging, maar:

Het ziet er dan al gauw heel moeilijk uit en waarom is het zo en dan denk je al gauw van: nou, het zal wel.

Deze reactie is afkomstig van leerlingen die niet zo in pinda's en cholesterol geïnteresseerd waren want *ik heb geen last van mijn cholesterol en ik eet geen*

pindakaas. Ze hadden het beter gevonden het over boter te doen want dat gebruikt iedereen tenminste.

De leerlingen hadden graag iets uitgezocht door een proefje te doen:

Misschien met echte pindakaas. Dat was leuk geweest. Vergelijken met een proefje.

Het is opvallend dat leerlingen enerzijds wat kritisch stonden tegenover het project, maar dat zij anderzijds best veel geleerd hebben: een onderzoeksvraag stellen en beantwoorden, gericht zoeken op internet en informatie kritisch waarderen. Een project als dit past dus zeker wel in een leerlijn onderzoek doen, maar enkele aspecten verdienen wellicht nog wat meer aandacht: wat te doen met moeilijke woorden op internet, die je niet begrijpt; en het gaat niet specifiek om pindakaas, dat is maar een voorbeeld.

De leerlingen over de verbindingen tussen vakken

De samenhang tussen de projectjes bij de drie vakken is vrij losjes geweest. Het zat in het gemeenschappelijke onderzoeksobject: pinda's, en wat natuurkunde en scheikunde betreft in energie en vet als energiebron. De projectjes bij scheikunde en verzorging hebben in hun oriëntatiedeel geprobeerd aan te sluiten bij wat de leerlingen ervoor al aan pinda's hadden gedaan. Voor de leerlingen was de samenhang tussen natuur- en scheikunde duidelijker dan die met verzorging:

Het was ineens cholesterol. Het was toch iets heel anders. Toch net iets minder: eerst leuke experimenten en dan moet je ineens terug naar een normale les zo ongeveer

Toch zien de leerlingen wel samenhang. Uit de eerste twee projectjes blijkt dat er in pinda's heel veel vet, energie zit en dus, redeneerden ze, zal het wel slecht voor de gezondheid zijn en dus ook een slechte invloed op cholesterol hebben. Dat maakte het des te verrassender dat het een gunstige invloed op cholesterol heeft.

Eén van de geïnterviewde groepjes gaf de samenhang aardig aan toen ze beschreven hoe ze boter zouden willen onderzoeken:

A Nou, eerst een onderzoeksvraag, dat is misschien handig

B Proberen de energie eruit te halen. En dan het vetpercentage en dan kijken of het slecht is voor het cholesterol. Die drie vragen en dan een onderzoek erbij bedenken; een beetje hetzelfde uitvoeren als bij de pinda.

A En dat je daar dan een conclusie uit moet trekken

C Maar boter kun je toch niet in de fik steken! Dat smelt toch?

Hierin zien we de aanpak van een onderzoek terug komen. De leerlingen voegen er nog iets essentieels aan toe, wat wellicht in de drie projectjes een beetje onderbelicht is gebleven:

De vraag is natuurlijk waarvoor je het onderzoek doet, waarvoor je het wilt weten. Als je het nergens voor nodig hebt zie ik het nut er niet van in.

De leerlingen kunnen het antwoord op die vraag ook wel geven: zijn pinda's slecht of goed voor je gezondheid. Het verrassende van het project als geheel was dat het antwoord vanuit de vet/energie kant iets anders opleverde dan vanuit het cholesterol-perspectief:

Iedereen dacht als je veel pindakaas eet daar wordt je hartstikke dik van. Niet goed voor je cholesterol en zo, maar dat bleek juist goed te zijn, dus we hadden wel zoiets van "Huh?". Dat was wel grappig... Ik denk niet dat iemand dat had geweten.

De leerlingen vonden de onderzoekjes heel anders gaan dan gewone lessen. Ze zouden wel vaker onderzoeken willen doen. Want

Als je het zo een beetje apart krijgt, dan is het toch meer zelf doen. Dan leer je daar toch het meest van. Anders is het eigenlijk alleen maar nadoen.

Toch kan er een nadeel aan zitten, bracht een andere leerling daar tegenin:

je moet het wel snappen, als je het niet snapt heb je pech.

het pindaproject in een leerlijn?

We concluderen dat de leerlingen de samenhang tussen de drie afzonderlijke projectjes wel zagen, zowel inhoudelijk als wat betreft het aspect onderzoek doen. Voor de leraren was het pindaproject een avontuur. Het is een belangrijke bijdrage geweest voor het uitproberen van een horizontaal onderdeel van de onderzoekslijn. Maar de samenhang zou wel versterkt kunnen worden door expliciet aandacht te besteden aan de overkoepelende vraag (is pindakaas goed voor de gezondheid?) aan het begin en het (verrassende) antwoord erop aan het eind.

Verbindingen tussen de bètavakken in de derde klas

Als voorafschaduwning van de tweede fase HV of het examenjaar VMBO wordt er in de derde klassen al veel meer nadruk gelegd op theorie en het belang van het behandelen van alle leerstof die voor de voorbereiding op de tweede fase of het examen nodig is. Dat laat de docenten naar hun gevoel minder ruimte

om de leerlingen 'leuke' onderzoekende dingen te laten doen. Dat geldt het sterkste voor natuurkunde en wiskunde; bij scheikunde heeft het derde jaar toch meer een oriënterend karakter.

Niettemin geeft onderstaande tabel aan dat er allerlei elementen van onderzoek doen in de klas worden gerealiseerd en dat er tal van mogelijkheden zijn om dwarsverbanden te leggen, hetgeen ook in het pindaproject tot uiting is gekomen.

Natuurkunde	Scheikunde	Verzorging	Wiskunde
geen expliciet vervolg op de leerlijn van NaSk uit leerjaar 2	geen expliciet vervolg op de leerlijn van NaSk uit leerjaar 2	niet van toepassing: voor de eerste keer gegeven.	voortbouwen op onderzoeks-elementen uit leerjaren 1 en 2
De sectie geeft als voorbeeld: <i>Licht- en elektriciteit-proeven</i> - verslag maken	De sectie wijst proeven en onderzoekjes uit het leerboek aan: <i>Suiker oplossen</i> - onderzoeksvraag beantwoorden <i>Scheidingsmethoden</i> - werkplan maken <i>Koperkringloop</i> - verbazing <i>Elementen</i> - internet gebruiken	De sectie geeft als voorbeeld: <i>Alcohol</i> - zelf een methode bedenken	De sectie geeft als voorbeelden: <i>Kansen:</i> - voorspellen - experimenteren - bewijzen <i>Driehoek op een cirkel:</i> - een bewijs vinden <i>Fotolijstje:</i> - oriënteren - uitvoeren - terugblikken
Pindaproject: is pinda's / pindakaas eten gezond?			
<i>Pinda's als energiebron:</i> verbrandings-warmte van pinda's zo nauwkeurig mogelijk meten	<i>Energie in pinda's:</i> instrumentele vaardigheden bij extractie van vet	<i>Pinda's en cholesterol:</i> informatie op internet zoeken en kritisch bekijken	

De coördinator van het bètateam ziet de volgende mogelijkheden voor een gezamenlijke leerlijn in de derde klassen:

In klas 3 zou ik het onderwerp zelf wat meer open gaan laten. Kies nu zelf een onderwerp, je krijgt de opdracht met je groep een scheikundig

onderzoekje te doen. Je kunt een globale richting aan geven, bijvoorbeeld over iets in de natuur of zo. Dat is nu niet zo, maar zo zou ik het graag willen. Bijvoorbeeld ik geef als globaal onderwerp 'kleding'. Zij kunnen dan bijvoorbeeld de kleurstof in kleding gaan onderzoeken. En dan met probleemstellingen komen over bijvoorbeeld de blauwe kleur in spijkerbroeken. Ik zou willen dat de vaardigheden zodanig worden uitgebouwd dat ze daar in de vierde klas op verder kunnen bouwen.

5 Resultaten – KSG de Breul

5.1 Inleiding De Breul

De Breul was van 1997 tot 2002 betrokken bij het project Bèta Profielen in het Studiehuis (BPS), waarbij de bètavakken in de bovenbouw samenwerkten in een profielteam, met het oog op de vormgeving van de Tweede Fase (zie Jambroes, Hummelen en van der Valk 2002, 2004). Daar is onder andere gewerkt aan ‘onderzoek doen’ in het kader van het voorbereiden en vormgeven van het profielwerkstuk. In die tijd heeft de school een bètalab ingericht waar bovenbouwleerlingen kunnen werken aan hun onderzoeken en profielwerkstukken. Ook de onderbouwlokalen van biologie, NaSk en techniek zijn er op toegerust dat er practicum en onderzoek gedaan kan worden.

Eén van de resultaten van het BPS-project was dat men de noodzaak zag om ook in de onderbouw aan de afstemming tussen de bètavakken te werken. Men was al redelijk tevreden over de leerlijnen onderzoek doen die daar in de vakken gerealiseerd werden, maar van dwarsverbindingen was in de onderbouw eigenlijk nog geen sprake. Daarom werd als speerpunt het doen van onderzoek en het ontwerpen genomen en deed De Breul mee met het al eerder genoemde LOBO-project. De onderbouwsecties biologie, NaSk, wiskunde en techniek deden er aan mee. De sectieleiders namen het voortouw en bezochten de vergaderingen met de begeleiders. Daar vertelden de docenten elkaar over de belangrijkste activiteiten die er in hun secties werden ondernomen rond onderzoek doen. Dit had de bedoeling de leerlijnen meer op elkaar af te stemmen.

In het schooljaar 2003/2004 hebben de secties binnen het LOBO-project een onderzoeksactiviteit in de klas gedaan bij wiskunde, natuur- en scheikunde, biologie en techniek in het tweede leerjaar. Elke sectie deed het over een eigen onderwerp, maar het had als gemeenschappelijk punt het stimuleren van ‘willen weten’. Enkele van deze lessen werden geobserveerd en de docenten rapporteerden aan elkaar en aan de universitaire medewerkers de resultaten.

De volgende beschrijving van de leerlijnen in de verschillende klassen en vakken is grotendeels ontleend aan genoemde rapportages in LOBO-bijeenkomsten en de ervaringen en observaties met het willen-delen-onderzoeksproject.

5.2 Elementen voor de leerlijn in leerjaar 1

Op De Breul worden in de brugklassen de volgende bètavakken gegeven:

- Biologie (leerboek: *Biologie voor Jou*)

- Wiskunde (leerboek: *Moderne Wiskunde*)
- Techniek (leerboek: *Technologisch*)

Als uitvloeisel van de goede ervaringen met een gezamenlijke opzet voor verslagen van onderzoekjes in de bovenbouw, is ook voor de onderbouw een gezamenlijk format voor een onderzoeksverslag ontwikkeld in de vorm van *de blauwe kaart*:

<p><u>Verslag van een onderzoek</u> Titel, namen en datum</p> <p>Inleiding</p> <ul style="list-style-type: none"> - Onderzoeksvraag - Theorie* - Hypothese* <p>Materiaal en Methode</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebruikte materialen - Meetmethode - Gebruikte opstelling* <p>Resultaten</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relevante waarnemingen - Meetresultaten in tabel/grafiek <p>Conclusies</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antwoord op de onderzoeksvraag - Hypothese juist/onjuist* <p>Discussie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Foutendiscussie - Suggesties voor verbetering <p>Literatuur*</p> <p>Bijlagen*</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meetreeksen - Lijst met benodigdheden <p>* = let op aanwijzingen docent.</p>

Die kaart wordt ingezet om te enthousiasmeren en te structureren van vrij sterk gestuurd naar meer open:

Als ze bij het maken van een verslag de kaart volgen en dat netjes doen, dan krijgen ze een mooi cijfer. Dat is de beloning, en een leuke les. Dan hebben ze de structuur geleerd en dan vind ik dat ze later wat

losser moeten worden gelaten en de opdracht wat opener wordt. Als je gelijk begint met 'zoek het maar uit en doe er wat mee', dan weten ze echt niet wat ze moeten doen.

Deze kaart sluit aan bij de indeling van een onderzoeksverslag, zoals de bovenbouw-secties met elkaar hebben afgesproken. Posters daarvan hangen in de vaklokalen.

In het vak biologie

Hieronder beschrijven we curriculumonderdelen die de sectie biologie heeft genoemd als belangrijke elementen van een leerlijn 'onderzoek doen' in de brugklas.

onderdelen van het thema 'om je heen kijken'

De leerlijn 'onderzoek doen' wordt in de brugklas uitgezet rondom het algemene thema 'om je heen kijken'. De sectie biologie start met een project: *kijken naar je leefomgeving*. Vaardigheden die van belang zijn voor biologisch onderzoek worden ingezet om op een biologische manier naar de leefomgeving te leren kijken (op micro- en macroniveau). Als handleiding voor het maken van een verslag wordt de blauwe kaart geïntroduceerd.

Na Kerstmis laat de sectie de leerlingen naar zichzelf en naar elkaar kijken in het kader van de onderwerpen metamorfose en groei, puberteit. Na Pasen gaan de leerlingen buiten planten zoeken, met name op speciale plaatsen: *waarom groeien die planten daar, nu? Hoe kom je aan informatie over die planten?*

Daarnaast doen de VWO-leerlingen in deze periode een 'projectje' *wetenschapsbijlage voor beginners*. Aan de hand van krantenberichten praten ze over biologische zaken in het nieuws.

kiemproef: één factor tegelijk variëren

Ergens in de periode van januari tot maart wordt het systematisch opzetten van een biologisch onderzoek geoefend aan de hand van de *kiemproef*, zaden van tuinkers laten ontkiemen. De leerlingen overleggen in groepjes waarvan de snelheid en de mate van ontkieming afhankelijk zou kunnen zijn. Ze maken een plan voor een experiment over de invloed van bijvoorbeeld de temperatuur, hoeveelheid licht en de toevoeging van zout op de ontkieming. Ze moeten daarbij bedenken dat ze niet meer dan één factor mogen variëren. Daarmee wordt het houdingsaspect 'willen weten' geoefend en leren ze de vaardigheden verwerken en weergegeven van gegevens. Maar als leerlingen te veel vrijheid krijgen, laat de kwaliteit van de proeven te wensen over. Daarover zegt een docent:

Ik merk dat ik sinds ik voor de klas sta toch steeds meer ga sturen. In de brugklas gaan ze tuinkers laten ontkiemen, de zaadjes erin zetten met water voor het raam. En dan mogen ze één factor variëren. Dat is erg moeilijk, ze willen wel drie vier factoren veranderen. [...] Plus ze willen allemaal afwasmiddel erbij gooien, [...] zoutzuur, dan ziet het een week later er nog hetzelfde uit, ze zijn niet uitgelopen. Dus nieuwsgierigheid, van de ene kant ja, van de andere kant moet je daar toch in sturen, want anders krijg je loze onderzoeken.

Als middel om te sturen gebruikt deze docent onder andere de blauwe kaart. Met succes: *nu ze eenmaal door hebben hoe ze een proef moeten doen (blauwe kaart) komt er meer uit (resultaten en conclusies) dan vroeger.* Dat maakt ook dat de leerlingen het onderzoek doen leuk vinden, dat ze zich uitgedaagd voelen en het vaker willen doen.

een leerlijn voor biologie in de brugklas?

Er is bij biologie in de brugklas een leerlijn onderzoek doen aanwezig die als volgt kan worden gekarakteriseerd. Er is een centraal thema: ‘om je heen kijken’. De leerlingen leren aan welke eisen een onderzoeksverslag moet voldoen en oefenen daarmee. Die eisen staan samengevat op de blauwe kaart. De sectie ziet de leerlijn als een ontwikkeling van vrij gesloten naar meer open onderzoeken. Daarmee proberen ze te voorkomen dat de onderzoekjes niets opleveren.

Gedurende de brugklas ontwikkelen de leerlingen *basisvaardigheden* op het gebied van (biologisch) onderzoek doen, zoals observeren, een onderzoeksvraag stellen en één factor tegelijk variëren. Ook leren ze apparatuur kennen en een verslag maken.

We zien dat leerlingen *kennis* kunnen verwerven van onderzoek doen en van begrippen die daarbij een rol spelen zoals hypothese, foutendiscussie en conclusies. Wat betreft *onderzoekende houding* ligt de nadruk op ‘willen weten’, hetgeen vooral tot uiting komt in het overkoepelend thema van onderzoek doen in de biologie van de brugklassen: ‘om je heen kijken’.

Uit het een en ander blijkt dat de sectie het belangrijk vindt dat de leerlingen met een biologische blik om zich heen gaan kijken. Maar ook willen de docenten de leerlingen leren een onderzoeksverslag te maken. Daarbij gebruiken ze de blauwe kaart.

In het vak wiskunde

Hieronder worden elementen beschreven die de sectie wiskunde belangrijk vindt in het kader van ‘leren onderzoek doen’.

De gebruikte wiskundemethode bevat zogenoemde *geïntegreerde wiskundige activiteiten* die als een aanzet tot wiskundig onderzoek bedoeld zijn. De sectieleider constateerde in een oproep aan sectiegenoten om aan het LOBO-project deel te nemen:

[geïntegreerde wiskundige activiteiten] zijn helaas qua vorm nauwelijks afwijkend van de rest van de opdrachten. Leerlingen worden in principe aan het handje gehouden. [de sectieleider wil daarentegen] het clichématig werken doorbreken en stimuleren tot een kritische onderzoekshouding.

Als middelen daarvoor noemt de sectieleider het verwoorden van de gevonden methode, reageren op elkaars aanpak, zelf een opgave maken en een probleem uit het boek, ontdaan van de hulpstappen, klassikaal aan de orde stellen.

twee onderzoeken

Naast in de ‘gewone les’ uitvoerbare activiteiten wil de sectie ook grotere onderzoeksopdrachten doen, omdat zij die het meest stimulerend vinden. Daarom plannen ze in de brugklas twee onderzoekjes. De onderwerpen en de vormgeving van de opdrachten moeten aan duidelijke criteria voldoen:

De leerlingen kunnen grasduinen en onderzoeken en kunnen uitgaan van hun intuïtie. Haal ze nou eens los van hun voorgeprogrammeerdheid, dat is voor ons het hoofddoel. Van: dat en dat willen we weten! Maar wel een antwoord op die vraag. We hebben goede ervaring in de brugklas. [geeft voorbeeld van vorig jaar: beter betaalsysteem voor de eurocenten] Betalen met minder munten dan we op het ogenblik doen. De vraag moet boeiend en behoorlijk open zijn. De middelen voor het onderzoek zijn ook open, maar ik wil wel een antwoord! Binnen drie dagen.

Uit dit citaat komt naar voren dat men aandacht enerzijds grenzen wil stellen waarbinnen het onderzoek zich moet afspelen, anderzijds leerlingen de ruimte wil geven om creatief te zijn, eigen oplossingen te verzinnen en die met oplossingen van anderen te vergelijken.

een leerlijn voor wiskunde in de brugklas?

We zien dat de sectie wiskunde aandacht schenkt aan ‘onderzoek doen’ in de brugklas, zowel in gewone lessen als door onderzoeksprojecten. Zij heeft

daarbij vooral oog voor *onderzoekende houding*, met name de aspecten ‘willen weten’ en ‘kritisch zijn’. De sectie kiest voor een informele aanpak van het leren onderzoek doen. Specifieke onderzoekstermen worden dan ook nauwelijks gebruikt en de sectie geeft niet precies aan hoe een verslag eruit zou moeten zien: zij gebruiken de blauwe kaart niet. De vaardigheden die zij nastreeft zijn algemene wiskundige probleem-oplosvaardigheden die (nog?) niet in een herkenbare onderzoekscontext geplaatst worden. Er is dan ook nog geen sprake van een leerlijn onderzoek doen voor wiskunde in de brugklas, maar wel van elementen die in zo’n leerlijn zouden kunnen passen.

In het vak techniek

De sectie techniek geeft aan in grote lijnen de opzet van het leerboek te volgen. De leerlingen beginnen met een oriëntatie op techniek: hoe komen producten tot stand. Daarna leren ze de vaardigheid technisch tekenen en schaal berekenen. Rond het onderwerp *hefbomen* gaan ze het vergroten van krachten uitproberen en daarna doen ze een materiaal onderzoek betreffende buigbaarheid, buig- en treksterkte.

Rond het onderwerp *overbrengingen* doen ze een onderzoekje naar de werking van verschillende soorten overbrengingen zoals tandwielen, krukas/drijfstang. Tot slot van dit onderwerp ontwerpen en bouwen ze een apparaat met een overbrenging, bijvoorbeeld met lego.

een leerlijn voor techniek in de brugklas?

We zien bij het vak techniek in de brugklas enkele elementen die betrekking hebben op onderzoek doen en ontwerpen. Uit de rapportage van de sectie leiden we af dat het willen maken van een ontwerp (apparaat) en willen weten of en hoe het ontwerp werkt benadrukt wordt. Kennis die specifiek op ontwerpen betrekking heeft, bijvoorbeeld de functie van een apparaat, lijken in de brugklas nog weinig aandacht te krijgen. Daarentegen leren de leerlingen wel over eigenschappen van materialen en constructies als hefboom en overbrenging.

Verbindingen tussen de bètavakken in de brugklas

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de curriculumelementen over onderzoek uit de brugklas doen die de secties genoemd hebben.

Biologie	Wiskunde	Techniek
De sectie geeft als voorbeelden: <i>Om je heen kijken</i> - Kijken naar je leefomgeving - Kijken naar je zelf en elkaar (groei) - Waarom groeien die planten daar? <i>Kiemproef</i> - één factor tegelijk variëren - gebruik van blauwe kaart bij verslag	De sectie streeft naar twee uitgebreidere onderzoekjes en noemt er één: <i>Beter bestaalsysteem voor euromunten</i> - open opdracht - willen weten	Sectie geeft als voorbeelden: <i>Materiaal-onderzoek over buigbaarheid</i> <i>Onderzoek naar werking van overbrengingen</i> <i>Ontwerpen van een overbrenging</i>
Blauwe kaart		
De sectie maakt gebruik van de blauwe kaart	De sectie maakt géén gebruik van de blauwe kaart	De sectie maakt géén gebruik van de blauwe kaart

De drie vakken hebben gemeen dat de leerlingen zich op onderzoek doen oriënteren. De 'blauwe kaart', bedoeld als horizontaal element, functioneert alleen bij biologie. Leden van andere bètasecties trekken in twijfel of je al in de brugklas formele eisen aan een onderzoeksverslag moet stellen. Zij vinden het niet zinvol al vroeg vrij 'zware' onderzoekstermen als onderzoeksvraag, foutendiscussie en hypothese te introduceren, zoals op de blauwe kaart staan. Termen als hypothese en foutendiscussie zijn zodanig abstract, dat de brugklassers ze wellicht niet begrijpen waardoor er misvattingen over kunnen rijzen.

Daarnaast er verschil van inzicht tussen (en ook wel in) secties over de vraag hoe open onderzoekjes in de brugklas kunnen zijn. De biologiesectie heeft ervaren dat te grote openheid kan leiden tot onderzoeken die mislukken. Dat is niet motiverend voor leerlingen. Daarom neigt de biosectie naar een leerlijn van gesloten naar open, door aanvankelijk veel te structureren. Er is discussie over de vraag in hoeverre daarmee afbreuk wordt gedaan aan 'willen weten' en aan de essentie van onderzoeken: fouten maken en daarvan leren.

We constateren dus dat er nog nauwelijks verbindingen tussen de bètavakken van de brugklas zijn aangebracht, wat onderzoek doen of ontwerpen betreft. De discussie tussen de secties over de leerlijn 'onderzoekende houding' is evenwel op gang gekomen.

5.3 Elementen van een leerlijn in leerjaar 2

Op De Breul worden in de tweede klassen de volgende bètavakken gegeven:

- biologie (leerboek: *Biologie voor Jou*)
- wiskunde (leerboek: *Moderne Wiskunde*)
- techniek (leerboek: *Technologisch*)
- natuur- en scheikunde (leerboek: *Nova*)

In het schooljaar 2003/2004 hebben deze vakken, in het kader van het LOBO-project, elk in een aparte les of serie lessen aandacht besteed aan het onderzoekende-houding-aspect 'willen delen', met het gebruik van grafieken als middel om onderzoeksresultaten te delen. De ervaringen ermee beschrijven we hieronder bij de verschillende vakken.

In het vak biologie

De sectie biologie geeft aan dat in de tweede klas de onderzoeksvaardigheden en de onderzoekende houding die in de brugklas zijn aangeleerd, verder worden geoefend. Dat gebeurt door een aantal onderzoeken te doen. We beschrijven hier drie onderdelen van het curriculum biologie tweede klas die de sectie belangrijk vindt voor de leerlijn onderzoek doen.

gedrag van pissebedden: eerlijk vergelijken

In het onderzoekje 'de pissebeddenproef' (zie *Biologie voor Jou*, deel 2, blz. 276) gaat het om het bestuderen van het gedrag van pissebedden. Een aantal pissebedden wordt in een bakje gezet waarin naast elkaar twee condities heersen: droog en nat; of warm en koud; of licht en donker. Pissebedden kunnen van een plek met de ene naar een plek met de andere conditie lopen. Door te kijken op welke conditie zich (gemiddeld) de meeste pissebedden bevinden kan nagegaan worden voor welke conditie de pissebedden een voorkeur voor hebben.

In deze proef wordt aandacht besteed aan het eerlijk vergelijken (één ding variëren: temperatuur, vochtigheid, licht/donker), wat een vervolg is op de kiemproef uit de brugklas. Een probleem is dat de proef soms anders verloopt dan je op grond van die theorie zou verwachten:

De pissebedden gaan soms op het droge gedeelte zitten in plaats van op het natte gedeelte omdat een grote pissebed daar heen kruipt en dan kruipen ze er allemaal achteraan. En dan ben je inderdaad weer wat anders aan het testen.

Daarmee komt het aspect ‘eerlijkheid’ meteen ook in beeld, met name ‘meet je wat je wilt meten?’ De leerlingen maken een verslag aan de hand van de blauwe kaart.

de letterproef: leergedrag van mensen onderzoeken

In het kader van ‘gedrag’ onderzoeken leerlingen ook het leergedrag van mensen met de *letterproef*. Deze houdt globaal in dat de leerlingen in het groot een hoofdletter tekenen, die uitknippen en verder in stukken knippen zodat er een puzzel ontstaat. Aan een proefpersoon wordt gevraagd de letter in elkaar te leggen, maar dan zonder te weten welke letter het betreft. De tijd die de proefpersoon erover doet wordt gemeten. Dan wordt de puzzel weer door elkaar gegooid en legt de proefpersoon de puzzel nogmaals. Als hij geleerd heeft, zal de tweede keer korter duren.

In het kader van het LOBO-project heeft de sectie biologie een variatie op die proef gemaakt (zie bijlage dB-1). De bedoeling daarvan was het houdingsaspect ‘willen delen’ bij leerlingen te stimuleren en daarvoor gebruik te maken van een grafiek. In de aangepaste versie ging het om de vraag was of de ‘leersnelheid’ afhankelijk is van leeftijd of van geslacht. Elke leerling liet twee proefpersonen, elk uit een leeftijdscategorie, tien keer achtereen de letterpuzzel leggen en meette de tijd van iedere poging duurde. Dat werd in een grafiek gezet. De leerlingen moesten nagaan in hoeverre proefpersonen uit de ene leeftijdscategorie nu sneller leerden dan uit de andere. Daartoe moesten ze resultaten met elkaar te delen: voor elke categorie moest de gemiddelde tijd van de 1^e keer, de 2^e keer, enz. puzzel leggen worden bepaald.

De uitvoering van de letterproef in de klas is door een LOBO-medewerker geobserveerd. Die nam waar dat deze opdracht in de klas inderdaad tot ‘willen weten’ en ‘willen delen’ leidde:

Er is veel interesse in de resultaten van anderen, en oorzaken voor structurele verschillen; wie wisten de eerste keer welke letter het was? Na de les blijven ongeveer 6 leerlingen achter om nog even naar de grafieken te kijken. Zij proberen al wat conclusies te formuleren; ('die ligt er in het geheel boven, dus die zijn sowieso traag', 'die gaat sneller omlaag, dus die leren sneller').

Ook hoorde hij gesprekjes tussen leerlingen en docent waaruit bleek dat de docent de kritische houding stimuleerde:

Een groepje twijfelt over de vraag of ze een bepaalde waarde moeten meenemen, aangezien die veel hoger is het gemiddelde. De docent reageert hier positief op, maar laat ze vrij in de keuze. Het groepje beslist om het getal niet mee te nemen.

Het verslag van de proef werd volgens de eisen van de blauwe kaart gemaakt. Dat betekent ook dat het een 'discussie' bevatte. Het schrijven van die paragraaf blijkt te stimuleren tot een kritische houding ten opzichte van het eigen onderzoek. Zo werd er gediscussieerd over de vraag of je met de puzzelproef nu wel echt het leervermogen van mensen meet. Zie het volgende stukje uit het verslag van een VMBO-T leerling:

Toen ik de proef afnam, wist ik zelf niet meer hoe die in elkaar zat. Later kwam ik er dus achter dat de puzzel op 2 manieren kon en dat de persoon bij wie ik het af nam de puzzel dus steeds wel goed legde. Daardoor moest ik de 'proef' bij die persoon nog een keer afnemen.

Bij de evaluatie door de docenten bleek het feit dat de puzzel op twee manieren gelegd kon worden, afbreuk te doen aan de bedoeling van de proef. Ook verminderde het voor één van de docenten het plezier dat deze erin had:

De letter was op meer manieren te leggen, zodat het eigenlijk meer vragen oproep en dat was frustrerend. Aan het einde hadden de leerlingen zoiets van: we hadden het best leuk kunnen vinden, maar niet op deze manier.

De docenten hebben ervaren dat de letterproef, vanwege zijn gestructureerdheid, in de VMBO-T klassen beter verliep dan in de VWO-klassen. De VWO-leerlingen ervoeren een gebrek aan ruimte voor eigen inbreng: zij wilden liever zelf verzinnen hoe zo'n experiment op te zetten. Een volgend jaar willen de docenten de opzet van onderzoekje verbeteren en die voor VWO minder gestructureerd maken dan voor VMBO-T. Er is discussie of het maken van een grafiek verplicht moet zijn, of dat de leerlingen zelf moeten bedenken hoe ze hun gegevens willen verwerken en met elkaar delen.

de spirometer: oefenen in het stellen van hypothesen

In de periode tussen nieuwjaar en Pasen wordt zowel in de 'gewone' les als door practicum (de spirometer) aandacht besteed aan het stellen van hypothesen en het toetsen van verwachtingen. Als voorbereiding daarop wordt in een onderwijsleergesprek het leggen van verbanden tussen onderwerpen en tussen functies van onderdelen van biologische systemen aan de orde gesteld. Daarbij is bijzondere aandacht voor het oriënteren op en het plaatsen van de leerstof.

dierentuin: een dier observeren

De onderzoekjes die de leerlingen in leerjaar twee bij biologie uitvoeren bereiden voor op een groter onderzoek aan het eind van dat leerjaar: het gedrag van diertuindieren observeren en beschrijven.

Deze opdracht bestaat uit

- een oriëntatie (groep kiezen dier kiezen, eerste oriënterende observaties)
- een onderzoeksplan maken (onderzoeksvraag en hypothese formuleren; aanpak afspraken)
- uitvoering: observaties doen. De leerlingen krijgen daarvoor een observatieschema. Ook verzamelen ze verdere relevante informatie over de dieren
- verslaggeving

Het onderzoek wordt gedaan tijdens een dagexcursie naar een dierentuin, waar leerlingen en docenten meestal veel plezier hebben. De verwerking van de gegevens wordt in de eerst volgende biologieles gedaan. De leerlingen moeten daarbij onder andere staafdiagrammen gebruiken: de tijd per gedragselement. Verder moeten de waarnemingen koppelen aan 'theorie' over gedragssystemen en gedragsketens. Voor het verslag gebruiken de leerlingen de indeling volgens de blauwe kaart. Verder moeten ze informatie over 'hun' dier in bijlagen weergeven, waarbij ook zaken aan de orde komen als een tekening van het dier, eten, plaats in het dierenrijk en de plaats waar ze de informatie gevonden hebben.

Bij dit onderzoek ligt de nadruk op het houdingsaspect 'willen weten' (onder andere door zelf een dier te kiezen) en op het toepassen van onderzoekskennis en -vaardigheden.

een leerlijn voor biologie in de tweede klas?

We concluderen dat de biologiesectie leerlijn onderzoek doen van het eerste leerjaar voortzet. Er wordt met de blauwe kaart voor het verslag gewerkt en daar worden geen nieuwe elementen aan toegevoegd. Er is wel een nieuwe activiteit: het afzonderlijk oefenen van de vaardigheid 'een hypothese stellen' of verwachtingen formuleren. Daarnaast is met het project rond de letterproef een begin gemaakt met het uitwerken van het houdingsaspect 'willen delen'. Het delen met elkaar bleek ook de houdingsaspect 'kritische houding' te stimuleren. De leerlijn wordt afgesloten met een uitgebreid onderzoek naar het gedrag van diertuindieren, waarin veel van de elementen die in leerjaar 1 en 2 geoefend zijn, samenkomen.

In het vak wiskunde

Wat onderzoek doen betreft is de situatie in het tweede leerjaar vergelijkbaar met die in de brugklas. Er wordt in de gewone lessen gewerkt aan een kritische houding en er worden twee onderzoekjes gedaan. In 2003/2004 werd één daarvan in het kader van het LOBO-project gericht op 'willen delen', gebruik makend van grafieken, waarvan we hier de ervaringen beschrijven.

verbanden op de camping: willen delen

Dit onderzoekje ging over oppervlakte en omtrek bij het uitzetten van een kampeerplek op een camping met een meetlint (zie bijlage dB-2; elke groep kreeg een andere versie die verschilde in de lengte van het touwtje). De onderzoeksopdracht bestond uit 3 fasen:

Fase 1: de leerlingen moeten de oppervlakte van verschillende rechthoeken meten die je kunt maken met een 'rond' touwtje en vier punaises. Wanneer is de oppervlakte het grootst? Daarover schrijven zij met zijn vieren een verslag, dat door de andere groepen gelezen en beoordeeld wordt.

Fase 2: opdracht 'de camping', met verrijkingsopdracht: nagaan hoe het zit bij een rechthoek met één open zijde, bij driehoeken, zeshoeken, etc.

Fase 3: eindverslag. In het eindverslag moest ook het verslag van fase 1 en de beoordeling daarvan door de andere groepjes opgenomen worden. De volgende citaten uit twee eindverslagen laten zien dat de groepen elkaars fase-1-verslagen inderdaad gelezen hebben:

Oordeel groep 7 over groep 8

Op de laatste plaats staat groep 8, omdat [...] het probleem is dat, omdat er van ieder groepslid allerlei berekeningen door elkaar heen staan, het nogal moeilijk is dat antwoord te vinden. Ook zijn er belangrijke dingen niet in het verslag te vinden: er staat bijvoorbeeld nergens duidelijk aangegeven hoe lang hun touwtje was.

Oordeel groep 8 over groep 7

*Lint: 200 cm
Bij het verslag van groep 7 zitten heel goede tabellen en tekeningen. Jammer is dat de grafiek bij het grootste punt stopt, en niet doorloopt. Daardoor kun je niet zien of het daadwerkelijk het grootste is.*

Uit het commentaar van groep 7 blijkt dat groep 8 iets wilde weten dat in het verslag niet te vinden was: de lengte van het lint (dat voor elke groep

verschillend was). Door het lezen van de verslagen lijkt groep 8 zich bewust geworden van hun omissie, want bij hun oordeel over de andere groepen zetten ze er nu bij hoe lang hun touwtjes waren. Zij hebben minder goed gelezen dan groep 7 want zij hebben over het hoofd gezien dat groep 7 de helft van de grafiek heeft weggelaten omdat ze door hadden dat de grafiek symmetrisch is. De ‘willen delen’-houding van groep 7 was dus duidelijk minder ontwikkeld dan die van groep 8.

Sommige leerlingen waren in fase 3 van het onderzoek veel verder gekomen dan de docent had verwacht. Ze hadden bijvoorbeeld nog maar net iets over de stelling van Pythagoras gehad en ze konden die al toepassen toen ze aan het onderzoeken waren hoe groot de oppervlakte was van een achthoek met gegeven omtrek.

De docent zei dat hij een positieve invloed gemerkt had van het uitwisselen aan de hand van de grafieken in fase 1 op fase 2 en 3. Wat hem betreft hebben de groepen het eindpunt gehaald!

De docent gaf als richtlijn voor het eindverslag dat de berekeningen en de beoordeling van de fase-1-verslagen erin moesten staan. Groepje 8 heeft zich daar inderdaad toe beperkt en schrijft als inleiding op het verslag:

Dit is het onderzoek van wiskunde. Het bevat de berekeningen van de camping, het touwtje en nog andere extra opdrachten.

Groep 7 heeft een uitgebreider verslag gemaakt. Zij geven een duidelijke conclusie bij de berekeningen en zeggen ook iets over hun taakverdeling. De doelstelling bij dit onderzoekje, het vergroten van kennis betreffende *wiskundige conclusies trekken*, is wat groep 7 betreft bereikt, wat groep 8 betreft niet.

De sectie was enthousiast over hoe het onderzoekje in de klassen was gelopen. Zij vonden dat de belangrijke elementen van een onderzoeksopdracht er afgewogen in zaten: ‘erin komen’, een probleem aanpakken. En concludeerde dat de opdracht alle belangrijke aspecten van onderzoekende houding bevatte:

- uitdagend genoeg
- genoeg diepgang
- uitwisseling

grafieken

Als uitvloeisel van het gezamenlijk werken met grafieken in de LOBO-projectjes heeft de sectie wiskunde een voorstel met gezamenlijke ‘regels’ voor het maken van grafieken aan de andere secties gegeven. Zie bijlage dB-3.

een leerlijn voor wiskunde in de tweede klas?

De situatie in de tweede klassen is voor wiskunde vergelijkbaar met die in de brugklassen: de sectie is bezig met onderzoek doen met nadruk op onderzoekende houding en een aanzet tot het begrip ‘wiskundige conclusies’. Dat het aanleren van dit begrip een belangrijke doelstelling was, bleef nog al impliciet. Dit aspect zou nadrukkelijker bij het maken van het verslag genoemd kunnen worden.

Het project rond grafieken heeft de sectie ervan overtuigd dat ‘willen delen’ een belangrijk aspect van onderzoekende houding is, naast willen weten en kritische houding. Maar er is bij wiskunde (nog) geen sprake van een uitgekristalliseerde leerlijn.

In het vak techniek

In de tweede klas werkt de sectie verder op de manier zoals in de brugklas begonnen is, met veel praktisch werk. In het kader van het onderwerp ‘verbindingen’ onderzoeken de leerlingen verbindingen van diverse materialen en in verschillende constructies. Tevens gaan de leerlingen na welke materialen in een gebouw of een brug gebruikt worden en door welke materiaaleigenschappen dat gebruik bepaald wordt.

een brug bouwen: willen delen

In het kader van het LOBO-project hebben de leerlingen bruggen gebouwd. De brug moest een bepaalde afstand overbruggen en breedte hebben. Ze mochten alleen werken met bepaalde soorten materialen (hout, twee soorten karton, papier).

De gemaakte bruggen werden belast en de doorbuiging ervan werd gemeten. Er werd een grafiek gemaakt van de doorbuiging als functie van de belasting. De bedoeling was om naar elkaars grafiek te kijken en daarmee te bepalen wie de sterkste brug had gebouwd.

een leerlijn voor techniek in de tweede klas?

Voor techniek geldt in de tweede klas hetzelfde als in de brugklas. Het deelnemen aan het LOBO-project geeft aan dat men wil werken aan een onderzoekslijn.

In het vak natuur- en scheikunde

Bij NaSk werken de leerlingen voor een belangrijk deel zelfstandig uit het boek en voeren eigen onderzoekjes uit. De docenten vinden dat daardoor in

hun lessen veel situaties zijn die bijdragen aan het ontwikkelen van een onderzoekende houding.

Als belangrijke elementen van de leerlijn onderzoek doen bij NaSk in de tweede klas noemt de sectie een open onderzoek, maar ook het practicum en allerlei situaties in de gewone lessen, onder andere degene die hieronder beschreven staan.

water, een open onderzoek

In de loop van de 2^e klas krijgen de leerlingen een vrije opdracht om iets over water te onderzoeken. Voorbeelden van gekozen onderwerpen zijn: slootwater zuiveren; zout toevoegen en kookpunt bepalen; destilleren breezer; snuitsterkte van zakdoekjes (vergelijkend warenonderzoek). De leerlingen presenteren hun resultaten aan elkaar of vatten hun onderzoek samen op een poster.

Eén van de NaSk-docenten wil dat de leerlingen in hun verslag volgens de blauwe kaart werken. Daarmee wordt ook het gebruik van grafieken gestimuleerd. Het maken van een grafiek wordt immers op de blauwe kaart vermeld. Een andere NaSk-docent wil de tweedeklassers meer vrijheid laten om het onderzoek zelf in te richten:

Ik vind het in eerste instantie niet zo erg als een groep die een goed onderzoek gedaan heeft, geen grafiek in het verslag heeft. De ene groep kan bij een presentatie aan de hand van een grafiek laten zien wat ze gemeten hebben en wat de verbanden waren. De andere staat er een beetje onhandig: dat en dat kwam eruit. En als je daarna met de klas gaat praten: “waarom was de ene presentatie beter dan de andere?” dan hoor je van leerlingen dat de presentaties met een grafiek van de meetgegevens veel makkelijker te volgen waren. Dat vind ik een belangrijker manier van leren dan te zeggen: “Ik wil er gewoon een grafiek in hebben”.

Dit werkt natuurlijk het beste als zich ook een tweede gelegenheid voordoet om onderzoeksgegevens grafisch te verwerken. Dat wordt onder andere bereikt met het volgende onderzoekje.

smeltpunten van stoffen als bewijsmateriaal: willen delen

In het kader van het LOBO-project heeft de NaSk-sectie, net als de andere β -secties, een open opdracht gemaakt waarin een grafiek wordt gemaakt die nodig is om resultaten te delen en met elkaar conclusies te kunnen trekken.

De sectie NaSk heeft meerdere redenen om aandacht te besteden aan grafieken in open onderzoek. Leerlingen maken wel braaf een grafiek als ze de aanwijzingen daarvoor in het werkboek vinden, maar als ze met een eigen

onderzoeksvraag bezig zijn, hebben ze minder aandacht voor het verwerken van de meetgegevens:

Wat wel grappig is, is dat op het moment dat ze een éigen onderzoek aan het doen zijn het 'willen weten' dan een belangrijke rol speelt; dan laat het verwerken soms te wensen over. Het weergeven in grafieken kan heel passend zijn bij zo'n onderzoek, maar dat doen dan ze niet.

De LOBO-opdracht ziet er in het kort als volgt uit:

Wie heeft de moord gepleegd?

Er is een lijk aangetroffen met een witte, vaste stof op de kleding. Deze stof is in een buisje aanwezig.

In de overige buisjes zitten stoffen die zijn aangetroffen in de huizen van de verdachten.

?? welke verdachten zouden op grond van deze stoffen als bewijsmateriaal de moordenaar kunnen zijn?

Om na te gaan of twee stoffen hetzelfde zijn laten de leerlingen hun stof in het buisje, dat tot ca. 90° C is verwarmd, afkoelen en bepalen onderhand de temperatuur van de stof. Ze maken er een temperatuur-tijd diagram bij om stolpunt(en) en/of stoltraject te bepalen.

Extra: welke buizen bevatten dezelfde stoffen?

Discussie over het maken van grafieken: hoe ze te maken zodat ze onderling vergeleken kunnen worden?

De docenten vonden echt nieuw in deze opdracht *dat er gereflecteerd wordt op de gevonden grafieken*. Bij de begeleiding wilden de docenten vooral letten op *de wijze waarop leerlingen de grafieken bespreken*.

Het was de bedoeling twee lessen voor deze opdracht te nemen. Helaas was er bij de uitvoering toch maar één les beschikbaar, waardoor het bespreken van de grafieken wat minder grondig kon gebeuren dan de docenten graag gewild hadden.

Het inleidend verhaal maakte de leerlingen nieuwsgierig. Het maken van de grafieken verliep vlot, maar het vergelijken niet, want de leerlingen hadden verschillende indelingen van de tijd- en temperatuur-as gekozen, wat het vergelijken van de grafieken bemoeilijkte. Dat stimuleerde en verdiepte de

discussie over de grafieken. Ook maakte het de vraag actueel: wanneer kan op grond van de grafiek geconcludeerd worden dat twee stoffen gelijk zijn?

Eén docent had de leerlingen minder vrijheid gegeven omdat hij de schaal van de temperatuur-as op het antwoordformulier al had aangegeven. Bij hem gingen de discussies minder diep en hij concludeerde: *grafische verwerking meer open maken!*

De sectie vond het de opdracht succesvol en is van plan deze activiteit in het curriculum te houden en meer nadruk te leggen op de functie van grafieken als middel om leerlingen over hun resultaten zinvol te laten communiceren.

dichtheid: stimuleren tot ‘willen weten’ in de gewone les

Als voorbeeld van het stimuleren van onderzoekende houding in de gewone les geeft de sectie NaSk een voorbeeld uit een les over dichtheid:

Docent 1 Het leuke van natuurkunde is als je aan het begin van een hoofdstuk een demonstratie geeft waar bij ze zo iets hebben van “wat is dit dan?” en het níet uitlegt, daar hebben ze het hele hoofdstuk plezier van.

Docent 2 Ik had het met dichtheid. Ik ben begonnen. Ik heb mijn armband afgedaan. “Ik heb hem gekocht als zilver. Ik heb er best veel geld voor betaald. Zal het nou zilver zijn?” Het enige wat ik heb uitgelegd is over dichtheid. Maar ik kan dit niet opmeten. Dus ik heb hem gewoon in het water gedaan, afgelezen. Nou, ze kwamen allemaal met hun sieraden aan, ze wilden allemaal weten of het echt was.

Uit dit voorbeeld blijkt dat een goede oriëntatie en probleemstelling van belang is voor het stimuleren van een onderzoekende houding. De leerlingen weten daardoor waar ze mee bezig zijn. Het belang daarvan wordt ook benadrukt door vakdidactici die bezig zijn met ‘probleemstellend onderwijs’ (Vollebregt, 2001; Kortland 2003). Voor de sectie heeft onderzoekende houding niet alleen te maken met practicum, maar kan het ook bij theorie of ‘gewone opgaven’ van belang zijn. Als voorbeeld wordt gegeven:

Onderzoekende leerhouding betekent voor mij de leerlingen stimuleren zelf iets uit te zoeken en als ze vastlopen met een opgave (bijvoorbeeld over dichtheid) dan zeg ik: pak de spullen maar uit de kast en zoek maar uit hoe het zit, ga maar eens wat wegen. En ik vind nog steeds: als de leerlingen weten hoe iets werkt: zelf uitzoeken, daar heb je meer aan dan dat je even zegt hoe het zit.

De sectie geeft leerlingen ook mogelijkheden tot verdieping, door te lezen in oude KIIK-tijdschriften die in het lokaal aanwezig zijn en door ze te wijzen op dingen die op de computer staan.

een leerlijn voor NaSk in de tweede klas?

De sectie NaSk start in de tweede klas met 'onderzoek doen'. In de traditie van het vak ligt de nadruk op het doen van practicum, op instrumentele vaardigheden, meten, (grafische) verwerking van meetresultaten en op verslag maken. De sectie voegt daar het doen van onderzoek en het ontwikkelen van een onderzoekende houding, met name 'willen weten', aan toe; ook in 'gewone' lessen. Met het gebruik van posters en de opdracht over grafieken is het aspect 'willen delen' een element van de leerlijn geworden.

Er worden twee soorten onderzoeken gedaan: één wat langer (meer dan één lesuur), open onderzoek en kortere (minder dan een lesuur) onderzoekjes die meer het karakter van een open experiment hebben. Van deze laatste soort zijn er een flink aantal en sommige daarvan hebben een keuzekarakter: je doet ze als je klaar bent met 'verplichte' opdrachten of wanneer je een opgave niet goed begrijpt.

Een belangrijk element van de leerlijn 'onderzoek doen' van NaSk is datgene wat bij kleine onderzoeken geleerd is, ook een keer in een wat groter onderzoek toegepast wordt.

Verbindingen tussen de bètavakken in de tweede klas

Hoewel de verschillende bètavakken al langer met onderzoek doen en het uitzetten van een leerlijn in de tweede klas bezig zijn, is het leggen van verbindingen iets van de laatste jaren. De blauwe kaart is er een eerste aanzet toe, maar die werkt nog niet in alle secties. Bij biologie wordt die kaart volop gebruikt, bij NaSk zijn de docenten het niet eens over het precieze gebruik. Bij wiskunde wordt niet naar de blauwe kaart verwezen. De sectie vindt de indeling daarvoor te star en niet geschikt voor wiskunde. De discussie die gevoerd wordt over het maken van een verslag in het eerste leerjaar, is ook relevant voor het tweede leerjaar.

De lessen over grafieken en willen delen in het kader van het LOBO-project vormt een tweede aanzet tot het leggen van dwarsverbanden en geeft aanleiding tot een nieuwe 'kaart': een over grafieken (zie bijlage dB-3).

De verschillende elementen van de leerlijnen onderzoek staan in nevenstaande tabel samengevat.

Biologie	Wiskunde	Techniek	NaSk
Sectie trekt leerlijn uit brugklas door	Sectie streeft naar twee onderzoeksopdrachten	Sectie bouwt voort op het stappenplan uit de brugklas	Sectie wil voortbouwen op elementen uit brugklas
de sectie noemt als voorbeelden: <i>Gedrag van pissebedden</i> - één factor variëren <i>Spirometer</i> - oefenen met hypothese <i>Dierentuin</i> - observeren - waarnemingen in tabel zetten	de sectie noemt geen voorbeelden	de sectie noemt als voorbeelden: - materialen - materiaal-eigenschappen - grafieken	de sectie noemt als voorbeelden: <i>Open onderzoek 'water'</i> - eigen onderwerp kiezen - eigen vraagstelling kiezen <i>Dichtheid</i> - een probleem stellen
Grafieken en 'willen delen'			
<i>Letterproef</i> - blauwe kaart - grafiekenkaart	<i>Verbanden op de camping</i> - grafiekenkaart	<i>Een brug bouwen</i> - grafiekenkaart	<i>Smeltpunten van stoffen als 'bewijsmateriaal'</i> - blauwe kaart? - grafiekenkaart

5.4 Elementen van een leerlijn in leerjaar 3

In leerjaar 3 wordt geen biologie en techniek meer gegeven. De bètavakken in dit leerjaar zijn dus alleen

- natuur- en scheikunde (leerboek: *Nova (NaSk)*)
- wiskunde (leerboek: *Moderne Wiskunde*)

In het vak wiskunde

Ook in klas 3 wil de sectie wiskunde twee onderzoeksprojecten doen en verder de onderzoekende houding tijdens de 'gewone' lessen stimuleren. Dit alles voortgaand op wat er in klas 1 en 2 aan onderzoek doen geleerd is. De docenten hebben geen voorbeelden genoemd.

In het vak natuur- en scheikunde

De docenten vinden dat de onderzoekslijn die ze in de tweede klas hadden opgezet, in de derde klas onvoldoende werd doorgezet:

Het is jammer dat er aan het eigen onderzoekje van klas 2 geen vervolg wordt gegeven in klas 3 maar dan exacter. Er moet iets met een verslag in de derde om het gat op te vullen tussen 2 en 4.

Om dat gat in de leerlijn op te lossen heeft de sectie de volgende open opdracht in de derde klas HV opgenomen.

bouw een automaat

De leerlingen moesten een apparaat of automaat bouwen en het resultaat aan elkaar presenteren. Ze konden ervoor kiezen een bestaand apparaat te slopen, een heel nieuw apparaat te maken of er een te simuleren.

In een groep overlegden de leerlingen met elkaar welke automaat ze wilden gaan bouwen. Vervolgens gingen ze aan de slag: ze maakten het apparaat, probeerden of het naar wens werkte en stelden het zonodig bij. Tot slot presenteerden ze het aan de andere groepjes.

De docent begeleidde de groepen bij het afbakenen van wat ze wilden gaan doen, besprak of de plannen haalbaar waren en droeg alternatieven aan. Verder liet de docent de groepen een verantwoording geven, hield de taakverdeling in de gaten en stuurde zo nodig het groepsproces.

stimuleren van onderzoekende houding in ‘gewone’ les: smelten als voorbeeld

De lijn om onderzoekende houding te stimuleren in de gewone les, die in leerjaar 2 is ingezet, wordt ook in leerjaar 3 voortgezet. Een docent geeft daarbij als voorbeeld het oefenen in een derde klas VMBO-T voor een proefwerk dat onder andere over smelten en smelttrajecten gaat. Hij gaf de leerlingen een moeilijk probleem dat ze in groepjes moesten oplossen.

Een legering van metaal wordt gesmolten. Op het bord had ik drie grafieken getekend, wat de mogelijke grafieken zijn als je gaat verwarmen dat het een vloeistof wordt. [Beschrijft de grafieken] Na 5 minuten, vingers: wie kiest de eerste, wie kiest de tweede, de derde. Leg maar uit. Allemaal doodstil om naar elkaar te luisteren. Maar als er een uitlegt, het is M3 natuurlijk, springen er 5 omhoog: “Nee, het is niet zo”. Stil, je mag straks reageren.

Hier laat de docent zien dat hij gebruik maakt van het ‘willen weten’ en ‘willen delen’ om, met behulp van een grafische voorstelling, te gaan praten

over de kwaliteit van argumenten en redeneringen. Dat komt ook naar voren in het stukje waarin de docent beschrijft wat de leerlingen deden:

Toen begonnen ze elkaar uit te leggen: “Nee dat kan niet, want jij hebt schuin; dat is geen smeltpunt maar een smelttraject. Er is nog maar één stof over, want die andere is verdampt!” Zaten ze elkaar uit te leggen. Kijk, nou zijn ze aan het denken!

onderzoek aan het eind van een hoofdstuk

De sectie is gewend dat de leerlingen aan het eind van (enkele) hoofdstukken uit het boek een onderzoekje doen over het onderwerp van het hoofdstuk. Dat onderzoekje mogen de leerlingen helemaal zelfstandig opzetten en uitvoeren. Maar de docenten zijn bang dat ze door periodisering van het lesrooster onvoldoende tijd overhouden om dat te blijven doen, *want je kunt de stof niet meer afkrijgen*.

Een andere reden waardoor het doen van experimenten onder druk komt te staan is het lokaal- en materiaalbeheer dat de nodige tijd en aandacht vergt, niet alleen van de TOA, maar ook van de docenten.

een leerlijn voor NaSk in de derde klas?

De sectie geeft een duidelijk eindpunt van de leerlijn ‘onderzoek doen’ aan door de volgende eisen aan de verslaglegging:

Gewenst eindniveau 3-HV betreffende verslaglegging

- opbouw	titel, namen, data
- doel van het onderzoek	onderzoeksvraag, hypothese
- materiaal en methode	gekozen methode, gebruikte opstelling (illustratie), materiaallijst
- resultaten	relevante waarnemingen, meetresultaten in tabel en grafiek
- conclusie	antwoord op onderzoeksvraag (en hypothese)

We concluderen dat de sectie NaSk de leerlijn zoals ingezet in leerjaar 2, in leerjaar 3 wil doorzetten. De sectie realiseert dat ook in de zin dat er één wat groter en een aantal kleine onderzoeken gedaan worden. Als belangrijk element van opbouw wordt genoemd: toename van exactheid. Tevens is er een voortgang in de eisen die aan het verslag gesteld worden. De sectie ervaart

veranderingen in het rooster als een belemmering voor het verder uitbouwen van de leerlijn.

Verbindingen tussen de bètavakken in de derde klas

In het derde leerjaar worden de leerlijnen in de twee in dat jaar gegeven bètavakken doorgetrokken. Voor het vak biologie valt er een gat, omdat dit niet wordt gegeven in dit leerjaar. De leerlijn voor techniek dreigt zelfs geheel te stoppen vanwege het ontbreken van dat vak in de hogere leerjaren. Met het bouwen van een automaat kan de NaSk-sectie aansluiten bij de lijn ‘ontwerpen’ van techniek uit de vorige leerjaren. Deze aansluiting wordt, voor zover we weten, door de sectie niet expliciet gemaakt.

Wiskunde	Natuur/scheikunde
ook in dit leerjaar streeft de sectie naar twee onderzoeksopdrachten en bovendien naar een onderzoekende houding in de gewone les	de sectie bouwt voort op de leerlijn van het tweede leerjaar
<i>de sectie noemt geen specifieke voorbeelden</i>	de sectie noemt als voorbeelden: <i>Smelten</i> - door grafieken praten over kwaliteit van argumenten en redeneringen <i>Automaat bouwen</i> - bouwen en bijstellen - resultaten aan elkaar presenteren <i>Onderzoek aan het eind van een hoofdstuk</i> - zelfstandig een onderzoekje opzetten en uitvoeren

Binnen de NaSk-sectie is men het er over eens dat de blauwe kaart een richtlijn geeft voor het maken van een verslag. Maar is er verschil van inzicht in de vraag in hoeverre de blauwe kaart nu ook als een voorschrift moet worden gebruikt.

5.5 Doortrekken van onderzoeklijn naar bovenbouw HV

De secties NaSk en biologie hebben aangegeven welk eindniveau ze willen bereiken met het oog op het doortrekken van de lijn onderzoek doen in de bovenbouw van het HAVO/VWO.

Voor het vak biologie

Met het oog op het vervolg van de onderzoekslijn in de bovenbouw wil de sectie biologie dat de leerlingen het volgende kennen en kunnen aan het eind van de onderbouw:

T.a.v. lessen met een praktisch karakter

- weten hoe natuurwetenschappelijk onderzoek verloopt en die methode kunnen toepassen op een onderzoeksvraag
- zelf “situaties” zien die om onderzoek “vragen”; ideeën aandragen hoe dit te onderzoeken zal zijn
- de zin inzien van een praktisch onderzoek

T.a.v. ‘gewone lessen’

- kritische opstelling ten opzichte van de tekst in het boek
- stof in verband willen brengen met wat men al weet uit de biologie, maar ook met andere relevante informatie (andere vakken, TV, e.d.)
- waarom is dit antwoord beter dan dat antwoord? Door te blijven denken, verschillen willen en kunnen zien.

Voor het vak natuur- en scheikunde

De sectie NaSk vindt dat de leerlingen eind 3-HV de volgende vaardigheden zouden moeten beheersen met het oog op aansluiting bij de onderzoekslijn voor de natuurkunde en de scheikunde in de vierde klas:

- practicum doen: hoe kun je slim meten en voorkom je meetfouten
- één variabele tegelijk laten veranderen
- meerdere objecten om een betere meting te krijgen als het om kleine waarden gaat
- grafieken maken, aandacht voor vloeiende lijn
- verslag maken

Er is zorg over het doortrekken van de onderzoek-leerlijn naar de bovenbouw, want de NaSk-docenten constateren dat de ruimte voor practicum doen door het invoeren van de tweede fase is beperkt: *hoe hoger het leerjaar, hoe minder practica*.

5.6 Een leerlijn van het eerste tot het derde leerjaar?

We hebben geconstateerd dat alle bètavakken in de onderbouw min of meer systematisch werken aan onderzoek doen en (wat techniek en NaSk betreft) aan ontwerpen. Er zijn aanzetten tot onderlinge afstemming, in de vorm van de blauwe kaart en de LOBO-lessen rond ‘willen delen’.

De leerlijnen binnen de vakken verdienen aandacht. Wat precies de vooruitgang in onderzoek doen moet zijn gedurende een leerjaar, is nog weinig expliciet. In het verleden werd de nadruk vooral op vaardigheden gelegd. Dit wordt onder andere nog weerspiegeld door het belang dat men hecht aan het verslag dat voor de docent (en de beoordeling) gemaakt wordt. Zowel bij biologie als bij NaSk zien we een nadruk op het verslag als element van onderzoek doen waaraan duidelijke eisen worden gesteld. Dit kan ten koste gaan van de aandacht die nodig is voor het onderzoeksproces zelf.

Er is echter een heroriëntatie aan de gang, waarin ‘onderzoekende houding’ een belangrijker rol gaat spelen. Het maken van een verslag kan dan volgen uit ‘willen delen’, als vorm van communicatie binnen de klas. Daarbinnen past ook de discussie over het toepassen van de blauwe kaart

De elementen van onderzoek doen, die in de verschillende vakken en in het bètacurriculum als geheel aanwezig zijn, zijn de moeite waard. Ze hebben ook een voortdurende aandacht nodig, want in de hectiek van de dagelijkse schoolbeslommeringen dreigen ze door gebrek aan tijd en overleg in de knel te komen.

6 Leerlingen over ‘onderzoek doen’ en ‘ontwerpen’

6.1 Inleiding

In de hoofdstukken 4 en 5 hebben we beschreven hoe de leerlijn ‘onderzoek doen’ op het KWC en op De Breul in de bètavakken er volgens de docenten uitziet. Ook hebben we daar al wat ervaringen van leerlingen met enkele onderzoeken gerapporteerd. In dit hoofdstuk beschrijven we *hoe leerlingen in het derde leerjaar een lijn ‘onderzoek doen’ binnen de bètavakken en tussen de bètavakken hebben ervaren en welke wensen zij hebben betreffende een (verdere) ontwikkeling van de leerlijn*. Daartoe hebben we zowel op De Breul als op het KWC (zie bijlage A) vragenlijsten afgenomen.

De onderzoeksgroepen bestonden bij zowel het KWC als bij De Breul uit 47 leerlingen uit twee derde klassen atheneum/gymnasium; zie voor de samenstelling tabel 6.1. Met N-profielen bedoelen we de groep die aangaf in leerjaar 4 te gaan kiezen voor de natuurprofielen Natuur & Gezondheid en Natuur & Techniek. Met M-profielen bedoelen we de groep van kiezers voor de profielen Cultuur & Maatschappij en Economie & Maatschappij.

Tabel 6.1 Samenstelling van de onderzoeksgroepen

	KWC	De Breul
Totale groep	47	47
Meisjes	22	28
Jongens	25	19
N-profielen	29	18
M-profielkeuze	15	24
geen profiel gekozen	3	5

In paragraaf 6.2 en 6.3 beschrijven we de resultaten van de vragenlijst ‘wat weet je van onderzoeken?’ op beide scholen. Daarbij onderscheiden we een ‘horizontale leerlijn’ (de verbinding tussen de vakken) van een ‘verticale leerlijn’ (de leerlijn binnen een vak van het ene naar het andere leerjaar). Voor beide leerlijnen kijken we naar zowel hoe leerlingen die ervaren hebben als wat voor leerlijn ze wensen.

De resultaten worden gepresenteerd in tabelvorm. Tenzij anders vermeld zijn de cijfers in deze tabellen de gemiddelden van antwoorden op 5-puntsschaal vragen. In een aantal tabellen staan de gegevens uitgesplitst naar

meisjes/jongens en N- en M- profielen. Daar zijn cellen leeggelaten indien er geen betekenisvol verschil tussen twee groepen was.

6.2 KWC-leerlingen over de leerlijnen

De twee derde klassen waarin de vragenlijst is afgenomen, zijn gymnasiumklassen die in de tweede klas het open onderzoek *Water* hebben gedaan (zie paragraaf 4.3).

Inschatting van de eigen kennis, vaardigheden en houding

We hebben de leerlingen gevraagd ‘waarom onderzoek je?’ Daarbij hoorden zes items, voor elk aspect van de onderzoekende houding twee.

Tabel 6.2³

Vraag 1	Waarom onderzoek je?		
	Willen weten	Kritische houding	Willen delen
Hele groep	3,5	3,8	3,2
Meisjes			
Jongens			
N-profielen	3,7	3,9	3,5
M-profielen	3,2	3,5	2,9

De leerlingen vinden het vooral belangrijk om eerlijk gevonden resultaten te krijgen en om zelf na te gaan of iets echt waar is (*kritische houding*). Maar ook de andere aspecten, *willen weten* en *willen delen*, vinden ze belangrijk. Ze gaan onderzoek doen als ze een probleem willen oplossen of iets meer van een onderwerp willen weten. En ze willen resultaten delen door die aan anderen te laten zien en het met hen eens te worden.

Er zijn, wat onderzoekende houding betreft, nauwelijks verschillen tussen jongens en meisjes gebleken. De profielkeuze geeft wel een verschil. De N-profielkiezers hechten meer belang aan onderzoekende houding dan de M-profielkiezers.

Wat kennis van onderzoek doen betreft vinden de leerlingen dat ze al heel wat weten, met name op het gebied van het stellen van een onderzoeksvraag en het maken van een onderzoeksplan. Een uitzondering is kennis van de term ‘hypothese’. Een woord dat in de onderbouw op het KWC nog niet veel gebruikt wordt. Toch weten veel meisjes wel wat ermee bedoeld wordt.

³ Cellen zijn leeggelaten indien er geen betekenisvol verschil tussen twee groepen was.

Tabel 6.3

Vraag 2	Ik weet precies wat er bedoeld wordt met ...			
	oriëntatie	onderzoeks-vraag	hypothese	onderzoeks-plan
Hele groep	3,7	4,2	2,4	4,1
Meisjes	4,1		3,0	
Jongens	3,3		2,0	
N-profielen			2,6	4,0
M-profielen			2,3	4,3

Hier vinden we wel verschillen tussen jongens en meisjes. De meisjes weten beter wat *je oriënteren* is. Dat klopt met de ervaringen dat meisjes in een practicumssituatie eerst de opdracht gaan lezen en dat jongens de neiging hebben om maar meteen met de spullen aan de slag te gaan.

Opvallend is het ontbreken van verschillen in kennis tussen de M- en N-profielen. Dat komt wellicht doordat ook ze ook bij vakken als godsdienst en nederlands onderzoek gedaan hebben, zoals ze elders in de vragenlijst hebben aangegeven.

De leerlingen schatten zichzelf erg hoog in wat betreft de onderzoeksvaardigheden samenwerken en informatie verzamelen. Ze vinden zich ook goed in het schrijven van een verslag, het trekken van conclusies, verzinnen van een eigen aanpak en in onderzoeksactiviteiten (zoals observeren, meten en rekenen).

Tabel 6.4

Vraag 3	Waar ben je goed in?						
	Observeren, meten, rekenen	Verslag schrijven	Eigen aanpak verzinnen	Bedenken wat te onderzoeken	Samenwerken	Informatie uit boek of internet	Conclusies trekken
Groep	3,7	3,9	3,8	3,6	4,3	4,2	3,9
Meisjes			3,7	3,3		4,4	
Jongens			4,0	3,9		4,0	
N-profielen	4,0	3,7		3,8			
M-profielen	3,3	4,1		3,5			

We vinden hier verschillen tussen jongens en meisjes: de meisjes schatten zich wat lager in dan de jongens als het gaat om bedenken wat te onderzoeken, een eigen aanpak verzinnen. Combinatie van dit gegeven met hun hogere inschatting van hun kennis van het begrip oriënteren, maakt het waarschijnlijk dat ze ‘een eigen aanpak verzinnen’ en ‘bedenken wat te onderzoeken’ niet als oriënterende activiteiten zien.

De M-profielkiezers schatten zich, niet verwonderlijk, minder hoog in dan de N-profielkiezers wat ‘bedenken wat te onderzoeken’ en de typische bèta-onderzoeksactiviteiten observeren, meten en rekenen betreft. Ze vinden wel dat ze goed zijn in een verslag schrijven.

We concluderen dat de leerlingen, meisjes zowel als jongens en zowel N- als M-profielkiezers, zij het met enige verschillen, hun kennis en vaardigheden op het gebied van onderzoek doen als redelijk hoog inschatten. Zij tonen bovendien een positieve houding ten opzichte van ‘onderzoek doen’.

Ervaren leerlijnen door de leerjaren heen

In hoofdstuk 4 hebben we beschreven dat de verschillende bètasecties een aantal dingen doen aan onderzoeken en ontwerpen in de leerjaren 1 t/m 3. We hebben de leerlingen ook gevraagd hoe vaak zij een onderzoekje hebben gedaan of een ontwerp hebben gemaakt bij de verschillende bètavakken.

Tabel 6.5

Vraag 4	<i>Hoe vaak heb je een onderzoekje gedaan bij ...</i>			
	0 keer	1 of 2 keer	3 of 4 keer	meer dan 4 keer
Biologie, klas 1	-	3	9	35
Biologie, klas 2	-	-	11	36
NaSk, klas 2	-	1	22	24
Natuurkunde, klas 3	6	9	17	15
Scheikunde, klas 3	2	2	3	39
Wiskunde, klas 1	13	21	12	1
Wiskunde, klas 2	13	24	9	1
Wiskunde, klas 3	18	17	11	1
<i>Vraag 6</i>	<i>Hoe vaak heb je een apparaat of ontwerp gemaakt bij ...</i>			
Techniek, klas 1	-	5	13	29
Techniek, klas 2	-	4	19	24
NaSk, klas 2	19	27	1	-
Natuurkunde, klas 3	35	8	4	-

De leerlingen geven aan dat ze in de onderbouw maar 1 à 2 keer een wiskunde-onderzoekje gedaan hebben. Bij biologie in leerjaar 1 en 2, bij NaSk in leerjaar 2 en bij scheikunde in leerjaar 3 hebben ze aanzienlijk meer onderzoeken gedaan, namelijk meer dan vier per leerjaar. Ook natuurkunde in leerjaar 3 scoort hoog met vier onderzoekjes. Bij techniek hebben ze 4 of 5 keer een ontwerp of een apparaat gemaakt, maar bij NaSk hooguit één keer en bij natuurkunde in klas 3 nooit. Globaal komen deze resultaten overeen met wat de secties rapporteerden over de onderzoeksleerlijn voor hun vak.

We hebben de leerlingen gevraagd twee onderzoekjes te noemen waarvan ze veel geleerd hebben. De leerlingen noemden inderdaad twee onderzoekjes waarvan ze veel geleerd hadden. Afgaande op de titels hebben veel van de genoemde onderzoekjes het karakter van wat opener practicumopdrachten.

Tabel 6.6

Vraag 5			
<i>Geef twee voorbeelden van onderzoekjes waarvan je veel geleerd hebt (over onderzoek doen)</i>			
vak	klas	onderwerp	aantal
Biologie	1	Wormen ontleden; worm woonplek	15
Biologie	2	Ontleden (rat, haai)	21
		Evolutie, fossielen	5
NaSk	2	Waterproject (o.a. water zuiveren; waterkracht opwekken)	17
		Diverse proeven (o.a. cohesie, magnetisme)	5
Natuurkunde	3	(statische) electriciteit, lenzen	7
Scheikunde	3	Diverse proeven (o.a. stoffen scheiden, indampen)	15
Wiskunde	1, 2, 3	PTT; rijbewijzen; favoriet avondeten; hoeken berekenen	5
Ander vak	3	Godsdienst	4

Uit deze tabel blijkt dat de gekozen onderwerpen niet evenwichtig verdeeld zijn over de leerjaren: uit het tweede leerjaar worden de meeste genoemd (48) en uit de brugklas de minste. Zoals verwacht mocht worden op grond van de frequenties worden de minste onderwerpen uit de wiskunde genoemd (5). Als we natuurkunde en scheikunde in klas 3 samen nemen met NaSk uit klas 2 ontlopen natuur/scheikunde en biologie elkaar niet veel (beide ruim 40 keer genoemd).

Kijken we naar de onderwerpen, dan is het duidelijk dat ‘ontleden’ van dieren bij biologie het meest genoemd wordt. Ook de sectie biologie noemde de ontleed-onderzoeken als belangrijk in hun leerlijn (zie paragraaf 4.3). Een goede tweede is het waterproject in klas 2. In de derde klas worden scheikunde-onderzoekjes veel genoemd en natuurkunde-onderzoekjes weinig. Ook dat stemt overeen met wat de secties rapporteerden.

We hebben de leerlingen ook gevraagd één voorbeeld te geven van een apparaat dat ze gemaakt hebben. Ze allen hebben een apparaat genoemd.

Tabel 6.7

Vraag 7	Geef een voorbeeld van een apparaat of ontwerp dat je gemaakt hebt		
vak	klas	onderwerp	aantal
Techniek	1, 2	Radio	14
	2	Katapult	6
	2	Lampje	3
	3	Muizenvalauto	19
	3	Diversen: vliegtuig, vogel, verbindingen	4
NaSk	2	Waterkrachtcentrale	2

De muizenvalauto heeft de meeste indruk gemaakt, gevolgd door de radio. Hier wordt het waterproject, in de vorm van de waterkrachtcentrale, door twee leerlingen genoemd, maar ze zetten die onder NaSk, ondanks de samenwerking tussen NaSk en techniek in dit project. Het lijkt er dus op dat het water project alleen als een NaSk-activiteit is ervaren en niet als iets dat ook bij techniek hoort.

We hebben de leerlingen gevraagd bij welke vakken ze welke aspecten van onderzoek doen geleerd hebben. Sommige leerlingen vulden in dat ze een bepaalde vaardigheid, zoals een onderzoeksvraag stellen, bij verschillende vakken geleerd hebben.

Tabel 6.8

Vraag 8	Bij welk vak heb je geleerd over ...					
	biologie	wiskunde	NaSk	Na	Sk	overig
een onderzoeksvraag stellen	22	1	16	6	2	7 (ak 6)
een hypothese opstellen	8	5	7	5	4	3 (ak 3)
waarnemingen in een tabel zetten	6	27	9	5	7	1
meetgegevens in een grafiek zetten	0	34	4	13	4	1
verslag maken	21	5	21	5	6	2

Zeventien leerlingen hebben, waarschijnlijk omdat ze niet weten wat een hypothese is, de vraag over 'een hypothese opstellen' niet beantwoord.

Een onderzoeksvraag stellen hebben de leerlingen bij diverse vakken geleerd, maar vooral bij biologie en natuur/scheikunde. Dat zelfde geldt voor een verslag maken. Waarnemingen in een tabel zetten en meetgegevens in een grafiek zetten kennen de leerlingen vooral uit wiskunde en uit de vakken natuur- en scheikunde. Techniek wordt door leerlingen helemaal niet genoemd, andere vakken, met name aardrijkskunde (ak) wel.

We concluderen dat wat de leerlingen rapporteren over de leerlijnen onderzoek die zij in de onderbouw hebben ervaren, globaal overeenkomt met wat de docenten gerapporteerd hebben. De leerlingen lijken bij biologie en bij natuur/scheikunde ongeveer evenveel geleerd te hebben over onderzoek doen. Hoewel zij erg weinig wiskunde-voorbeelden noemen, wordt wiskunde wel veel genoemd als het gaat om het leren maken van tabellen en grafieken in het kader van een onderzoekje.

Gewenste verticale leerlijn

We zijn op zoek gegaan naar een antwoord op de vraag of de leerlingen tevreden zijn over de opbouw van onderzoek doen van klas 1 naar klas 3. Hiervóór hebben we gezien dat de leerlingen relatief weinig onderzoeken uit klas 1 noemen. Dat is niet verwonderlijk omdat de brugklas al weer twee jaar achter de rug is. De tweede klas komt relatief sterk naar voren bij de voorbeelden die ze noemden. We hebben ze naar hun mening gevraagd over hoe ze de opbouw van de leerlijn hebben ervaren.

Tabel 6.9

Vraag 12	<i>In vergelijking met klas 1 en 2 vind ik onderzoek doen/ontwerpen in klas 3 ...</i>				
	beter gaan	moeilijker	interessanter	leuker	saaier
Groep	3,8	2,8	3,8	3,6	2,4
Meisjes			3,5		2,8
Jongens			4,1		2,1
N-profielen		2,9	3,9	3,7	2,2
M-profielen		2,7	3,6	3,3	2,9

Hieruit komt het beeld naar voren dat ze een duidelijke voortgang hebben ervaren in hun kennis en vaardigheden: onderzoek doen/ontwerpen gaat beter, is interessanter en leuker geworden en niet saaier of moeilijker. De jongens zijn wat meer uitgesproken over 'interessanter' en 'minder saai' dan de meisjes. De N-profielkiezers zijn positiever dan de M-profielkiezers. Maar de N-profielkiezers neigen er meer toe dat onderzoek doen wat moeilijker is geworden, dan de M-profielkiezers.

We hebben de door leerlingen gewenste leerlijnen binnen de vakken die ze in de derde klas hebben in kaart proberen te brengen.

Tabel 6.10

Vraag 11	Veel bijgeleerd over onderzoek doen	Veel bijgeleerd over ontwerpen	<i>Ik vind dat we meer gebruik moeten maken van wat over onderzoek doen geleerd hebben in klas 1 en 2 bij</i>		
			wiskunde	natuurkunde	scheikunde
Groep	3,6	2,2	2,9	3,3	2,9
Meisjes			2,5	3,1	
Jongens			3,2	3,5	
N-profielen				3,3	
M-profielen				3,0	

De leerlingen vinden dat ze in het lopende schooljaar al veel bijgeleerd hebben over onderzoek doen, maar niet over ontwerpen. Dat laatste is niet verwonderlijk omdat ze dat, zoals eerder is gebleken, vinden dat ze ontwerpen alleen bij het vak techniek, dat ze nu niet meer hebben, leren en niet leren bij bijvoorbeeld natuurkunde.

De jongens vinden dat men bij wiskunde wel wat meer gebruik kan maken van wat ze over onderzoek doen in de lagere leerjaren al hebben geleerd. De meisjes zijn het daar niet zo mee eens. Datzelfde verschil tussen jongens en meisjes zien we bij natuurkunde. Bij dat vak zien we ook dat vooral de N-profielkiezers een versterking van de verticale leerlijn willen. Voor scheikunde vindt men dat niet zo, wellicht doordat NaSk in klas 2 toch een grotere natuurkunde- dan scheikunde-component heeft.

We concluderen dat de leerlingen, over alle bètavakken gezien, een leerlijn van klas 1 naar klas 3 ervaren en daar redelijk over tevreden zijn. Vooral de jongens wensen een versterking van die leerlijn bij natuurkunde en wiskunde.

Ervaren en gewenste horizontale leerlijn

Om de door leerlingen ervaren horizontale leerlijn te bepalen, hebben we gevraagd in hoeverre ze onderzoekskennis en -vaardigheden in andere vakken, dan waarin ze die geleerd hebben, hebben toegepast. Onderstaande tabel geeft de resultaten weer.

Tabel 6.11 Merk op dat er hier sprake is van een 3-punts-schaal: nooit (1), soms (2), vaak (3)!

Vraag 9	Wat ik over onderzoek doen/apparaten maken geleerd heb bij ... heb ik ook bij andere vakken toegepast			
	biologie onderzoek	wiskunde onderzoek	NaSk onderzoek	techniek apparaten
Groep	2,2	2,4	2,2	1,8
Meisjes			2,0	1,7
Jongens			2,4	1,9
N-profielen				1,9
M-profielen				1,7

De leerlingen vinden dat ze onderzoekskennis geleerd bij wiskunde vaak toepassen bij andere vakken. Voor kennis opgedaan bij biologie doen ze dat redelijk vaak. Alleen de jongens vinden dat ook bij NaSk opgedane kennis elders wordt toegepast. Kennis van ontwerpen opgedaan bij techniek passen ze weinig toe, vinden vooral de meisjes.

Het is verrassend dat ze zeggen onderzoekskennis uit wiskunde vaak in andere vakken te gebruiken: gezien het resultaat van tabel 6.8 kijken, kunnen we vermoeden dat het vooral gaat om de vaardigheden 'in tabel zetten van

waarnemingen' en 'in een grafiek zetten van meetgegevens' die ze vooral in de wiskundeles hebben geleerd.

Net als bij de verticale leerlijn zien we dat de meisjes minder goed een horizontale leerlijn ervaren dan de jongens, met name voor NaSk en techniek.

Met de vragenlijst zijn we ook nagegaan of de leerlingen méér samenhang willen tussen de bètavakken. Dat hebben we toegespitst op de derde klas, het leerjaar waarin ze zitten:

Tabel 6.12

Vraag 10 Vraag 11.6	Wat onderzoeken betreft zouden we bij ... meer gebruik moeten maken van wat we bij andere vakken geleerd hebben					Een onderzoekje is leuker als er meerdere vakken bij betrokken zijn
	wis	nat	schei	techniek	biologie	
Groep	2,9	3,2	3,1	2,7	2,6	3,4
Meisjes					3,0	3,1
Jongens					2,3	3,6
N-profielen				2,9	2,3	
M-profielen				2,5	3,2	

Dat blijkt niet voor alle vakken hetzelfde te liggen. Bij natuur- en scheikunde zouden ze meer gebruik willen maken van wat ze over onderzoek doen bij andere vakken hebben geleerd. Voor biologie hebben de jongens en de N-profielkiezers daar veel minder behoefte aan, maar de meisjes en de M-profielkiezers wél. De N-profielen zouden ook graag meer samenhang bij techniek willen hebben.

Als geheel stellen de leerlingen prijs op meer samenhang: ze vinden een onderzoekje wat leuker als er meerdere vakken bij betrokken zijn. Dat geldt vooral voor de jongens.

We concluderen dat de leerlingen graag zouden zien dat de (reeds enigszins aanwezige) horizontale leerlijn onderzoek doen in de 3^e klas versterkt zou worden. Daarvoor zou vooral bij natuur- en scheikunde meer gebruik gemaakt moeten worden van wat er bij andere vakken geleerd is over onderzoek doen.

6.3 De Breul-leerlingen over de leerlijnen

De groep De Breul is qua samenstelling vergelijkbaar met die van het KWC. Zie tabel 6.1 voor de samenstelling.

Inschatting van de eigen kennis, vaardigheden en houding

Op de vraag ‘waarom onderzoek je?’, bedoeld om de onderzoekende houding van leerlingen vast te stellen, zeggen de leerlingen van De Breul onderzoek vooral te doen om een oplossing te krijgen voor een probleem (*willen weten*). Ook de *kritische houding* leeft wel bij de leerlingen. *Willen delen* leeft minder bij de leerlingen.

Tabel 6.13⁴

Vraag 1	Waarom onderzoek je?		
	Willen weten	Kritische houding	Willen delen
Hele groep	3,3	3,2	2,8
Meisjes			
Jongens			
N-profielen	3,5	3,4	2,9
M-profielen	3,0	3,0	2,6

Er zijn geen opvallende verschillen in onderzoekende houding tussen jongens en meisjes. De N-profielkiezers tonen op alle drie aspecten een sterkere onderzoekende houding dan de M-profielkiezers.

Met de vraag ‘wat weet je van onderzoek doen?’ hebben we de eigen inschatting van onderzoekskennis van leerlingen onderzocht.

Tabel 6.14

Vraag 2	Ik weet precies wat er bedoeld wordt met ...			
	oriëntatie	onderzoeks-vraag	hypothese	onderzoeks-plan
Hele groep	3,2	4,1	4,4	3,9
Meisjes		4,2		4,0
Jongens		3,9		3,7
N-profielen	3,6	4,2	4,2	4,1
M-profielen	2,8	3,9	4,5	3,7

De leerlingen vinden dat ze redelijk wat weten van onderzoek doen; ze vinden dat ze heel goed weten wat er met hypothese wordt bedoeld. In hoofdstuk 5

⁴ Tenzij anders vermeld zijn de cijfer in de tabellen de gemiddelden van antwoorden op 5-puntsschaal vragen. Cellen zijn leeggelaten indien er geen betekenisvol verschil tussen twee groepen was.

bleek dat daar in de brugklas al aandacht aan besteed wordt (het staat op de ‘blauwe kaart’). Ook denken ze goed te weten wat met een onderzoeksvraag en onderzoeksplan wordt bedoeld, maar op het punt oriëntatie scoren ze het laagst.

Er komen enkele verschillen tussen jongens en meisjes naar voren: de meisjes vinden meer dan de jongens dat ze goed weten wat een onderzoeksvraag en een onderzoeksplan is.

Op alle kennisaspecten behalve ‘hypothese’ schatten de M-profielkiezers hun kennis lager in dan de N-profielkiezers. Dat geldt het sterkst voor het begrip ‘oriëntatie’.

Verder zijn we nagegaan wat de inschatting van de eigen onderzoeksvaardigheden van leerlingen is:

Tabel 6.15

Vraag 3	Waar ben je goed in?						
	Observeren, meten, rekenen	Verslag schrijven	Eigen aanpak verzinnen	Bedenken wat te onderzoeken	Samenwerken	Informatie uit boek of internet	Conclusies trekken
Groep	3,0	3,6	3,1	3,0	4,0	4,0	3,3
Meisjes	2,8		2,7				3,2
Jongens	3,3		3,6				3,6
N-profielen	3,8			3,3			3,6
M-profielen	2,5			2,6			3,1

De leerlingen vinden zichzelf redelijk goed in algemene onderzoeksvaardigheden: samenwerken, verzamelen van informatie uit boeken en internet en het schrijven van een verslag. Ze vinden zich minder goed in de vaardigheden die juist bij bèta-onderzoek van belang zijn en kennis van de leerstof vereisen: onderzoeksactiviteiten (observeren, meten, rekenen), eigen aanpak verzinnen, bedenken wat te onderzoeken, en conclusies trekken. De meisjes schatten hun vaardigheden op deze punten lager dan de jongens. Op deze punten vinden we hetzelfde aanzienlijke verschil tussen de N- en M-profielkiezers.

We concluderen dat de leerlingen hun kennis van onderzoek doen en hun algemene onderzoeksvaardigheden hoog inschatten en dat ze minder dunk hebben van hun onderzoekende houding en van hun specifieke bèta-onderzoeksvaardigheden. Dit wordt vooral veroorzaakt door de M-profielkiezers en de meisjes.

Ervaren leerlijnen door de leerjaren heen

In hoofdstuk 5 hebben we beschreven welke (elementen van) leerlijnen de bètasecties van De Breul in de onderbouw belangrijk vinden. We zijn bij de leerlingen nagegaan of (en ook hoe) zij een leerlijn ervaren hebben. Daartoe hebben we gevraagd hoe vaak zij een onderzoekje hebben gedaan of een ontwerp hebben gemaakt in de verschillende leerjaren.

Tabel 6.16

Vraag 4	Hoe vaak heb je een onderzoekje gedaan bij ...			
	0 keer	1 of 2 keer	3 of 4 keer	meer dan 4 keer
Biologie, klas 1	-	16	28	3
Biologie, klas 2	-	18	25	4
NaSk, klas 2	-	21	8	18
NaSk, klas 3	-	21	5	20
Wiskunde, klas 1	32	14	1	-
Wiskunde, klas 2	14	30	3	-
Wiskunde, klas 3	1	42	4	-
Vraag 6	Hoe vaak heb je een apparaat of ontwerp gemaakt bij ...			
Techniek, klas 1	-	25	4	18
Techniek, klas 2	2	19	5	21
NaSk, klas 2	43	2	-	2
NaSk, klas 3	42	3	-	2

Daarnaast hebben we ze gevraagd twee onderzoekjes en een ontwerpopdracht, waarvan ze het meest geleerd hadden, te noemen. De leerlingen hebben er in de meeste gevallen ook twee genoemd. Ook schreven alle leerlingen een ontwerp of apparaat op dat ze hadden gemaakt. Eén leerling gaf aan:

Dit was eigenlijk het enige onderzoekje dat ik leuk vond: het gedrag van dieren bestuderen en hier een verslag over schrijven.

De resultaten van vraag 4 en 5 bespreken we tezamen.

Tabel 6.17

<i>Vraag 5</i>			
<i>Geef twee voorbeelden van onderzoekjes waarvan je veel geleerd hebt (over onderzoek doen)</i>			
vak	klas	onderwerp	aantal
Biologie	1	Herbarium, bossen	13
		Tuinkers	10
	2	Dierentuin onderzoek	20
NaSk	2	Zelfbedachte opdracht over water	9
	3	Smelten van ijs met zout	3
		Invalshoek licht	2
		Diverse mechanica proeven (o.a. slinger, kreukelzone)	5
		Elektrische schakelingen	2
Wiskunde	1	Hoofdstuk 6	1
	2	Kansberekening	1
	3	Leeftijd van auto's aan de hand van nummerborden	16
		Statistiek	3
<i>Vraag 7</i>			
<i>Geef een voorbeeld van een apparaat of ontwerp dat je gemaakt hebt.</i>			
vak	klas	onderwerp	aantal
Techniek	1	Grijpschaar	14
	1, 2	ontwerp van een nutteloos apparaat	18
	2	schaalontwerp van een woning	9
		doosjes met geheim vakje	6
NaSk		geen	

De leerlingen schatten (tabel 6.16) dat ze bij biologie in de brugklas en in het tweede leerjaar tussen de twee en vier onderzoekjes gedaan hebben. Uit de voorbeelden van meest leerzame onderzoeken die ze geven (tabel 6.17) leiden we af waaraan de meeste leerlingen gedacht hebben. In de brugklas hebben ze vooral gedacht aan het maken van een herbarium en het tuinkersonderzoek. In het tweede leerjaar wordt het dierentuinonderzoek het meest genoemd. Deze resultaten kloppen in grote lijnen met de onderzoeken die de sectie biologie belangrijk vindt (zie paragraaf 5.2 en 5.3). Maar de andere onderzoeken die de sectie belangrijk vindt (pissebedden, letterproef) werden door geen van de leerlingen genoemd.

Over het aantal onderzoekjes bij NaSk in leerjaar twee en drie zijn de leerlingen het minder eens dan bij biologie: sommigen vinden dat ze er maar

een of twee hebben gedaan, anderen zeggen meer dan vier. Kijken we naar de voorbeelden, dan valt op dat er voor NaSk veel minder voorbeelden gegeven worden dan voor biologie en bijna evenveel als voor wiskunde, waar veel minder onderzoeken gedaan zijn. Voor het tweede leerjaar worden onderwerpen uit het *water*-project wel genoemd, maar in beperkte mate. Voor het derde leerjaar worden veel verschillende practicumproeven over licht, elektriciteit en mechanica genoemd, maar allemaal slechts één of twee keer. Met deze resultaten kan verklaard worden waarom de leerlingen het niet zo eens zijn over het aantal NaSk-onderzoeken: sommige denken alleen aan 'grote' onderzoeken zoals water, anderen denken ook aan open practicumproeven en komen zo tot een groter aantal onderzoeken in leerjaar 3.

Zoals in paragraaf 5.4 gemeld is, maakt de sectie NaSk van De Breul zich zorgen over de leerlijn in de derde klas. Dat is terecht, maar deze resultaten geven aan dat de leerlingen de leerlijn onderzoek doen in de tweede klas ook als zwak ervaren. Wel moet bedacht worden dat het 'grote' onderzoek dat de sectie voor de derde klas noemde, een automaat bouwen, waarschijnlijk op het moment van afname van de vragenlijst nog niet gedaan was.

De leerlingen herinneren zich nauwelijks een onderzoekje bij wiskunde uit de brugklas of uit de tweede klas en er worden dan ook nauwelijks voorbeelden van gegeven. Wat het derde leerjaar betreft zijn het erover eens dat er zeker één onderzoek is gedaan. Maar dat is er dan wel één die een grote indruk heeft gemaakt: het onderzoek naar de ouderdom van nummerborden van auto's. Dat is waarschijnlijk een onderzoek, dat de sectie in het kader van het streven naar twee onderzoekjes wiskunde per jaar, recent heeft ontwikkeld: de sectie had dit onderzoek bij de beschrijving van de leerlijn nog niet genoemd.

Dit resultaat geeft aan dat de sectie wiskunde ernst maakt met het streven om twee wat uitgebreidere onderzoeken in de leerjaren 1, 2 en 3 te realiseren.

Wat techniek betreft, zien we een zelfde beeld als bij NaSk: sommige leerlingen vinden dat ze maar twee keer een ontwerp of apparaat hebben gemaakt, anderen vinden dat er meer dan vier geweest zijn. Daarnaast is het zo dat de leerlingen andere voorbeelden dan de sectie genoemd hebben. Uit de brugklas noemen ze de grijschaar (de functie ervan was dat het dingen van de grond raapt) en het maken van een 'nutteloos' apparaat dat een beweging nadoet die men meestal onnadenkend uitvoert (zoals het roeren van thee). Het gaat waarschijnlijk om toepassingen van de onderwerpen hefboomen, verbindingen en overbrenging die de sectie als voorbeelden noemt.

Uit de tweede klas worden het maken van een schaalmodel van een woning en van een doosje met een geheime lade genoemd. De functie van het schaalmodel is voor sommige leerlingen onduidelijk gebleven. Een leerling schrijft: *ik weet het nog steeds niet*. En een ander vindt dat ze het ding *voor de lol* moesten maken.

We concluderen dat de leerlingen sterk teruggrijpen op ‘onderzoek doen’, zoals in de brugklas gestart door de biologiesectie. Ze zien ook dat de sectie wiskunde bezig is met het opzetten van zo’n leerlijn. Maar de leerlijn bij NaSk wordt door hen veel minder herkend en het is bij leerlingen onduidelijk wanneer iets een onderzoek is en wanneer niet. Wat ontwerpen betreft, denken leerlingen alleen aan techniek.

We hebben de leerlingen gevraagd bij welk vak ze bepaalde onderzoeksvaardigheden, zoals een onderzoeksvraag stellen, geleerd hebben. Sommige leerlingen vulden in dat ze een bepaalde vaardigheid bij verschillende vakken geleerd hebben, maar meestal was biologie daar een van. Merk op dat bij onderstaande tabel het aantal groter is dan 47: veel leerlingen hebben bij de vragen meer dan één vak ingevuld.

Tabel 6.18

Vraag 8	Bij welk vak heb je geleerd over ...				
	biologie	wiskunde	NaSk	techniek	overig
een onderzoeksvraag stellen	42	2	16	-	1 (ned)
een hypothese opstellen	44	2	10	-	1 (ned)
waarnemingen in een tabel zetten	28	15	14	-	-
meetgegevens in een grafiek zetten	18	25	16	-	1 (van vader)
verslag maken	42	3	13	1	2 (meerdere vakken)

Een aantal leerlingen geeft bij één vaardigheid aan dat het bij twee of zelfs drie vakken is aangeleerd. Zo hebben 12 van de 16 leerlingen die zeggen dat ze een onderzoeksvraag stellen bij NaSk hebben geleerd, aangegeven dat ze dat ook bij biologie hebben geleerd.

Wat bij deze resultaten opvalt is dat bijna alle vaardigheden volgens de meeste leerlingen bij biologie zijn aangeleerd. Dat klopt met wat we bij de

beschrijving van de leerlijn hebben geconstateerd: in de brugklas komen bij biologie via de blauwe kaart alle elementen van onderzoek doen aan de orde.

We concluderen dat de leerlingen de leerlijn van het vak biologie goed herkennen: zowel het aantal onderzoeken als de titels van belangrijke onderzoeken komen globaal overeen met wat de docenten hebben aangegeven. Vrijwel alle onderzoeksvaardigheden waarover we vragen hebben gesteld, hebben ze (ook) bij biologie geleerd, al geldt dat wat minder voor het maken van tabellen en grafieken.

De leerlingen herkennen de onderzoeksleerlijn van het vak NaSk veel minder. Leerlingen geven ook NaSk relatief weinig aan als vak waar ze bepaalde onderzoeksvaardigheden hebben geleerd; slechts weinig meer dan wiskunde waar minder onderzoekjes gedaan zijn.

De leerlingen lijken het streven van de wiskundesectie om meer onderzoek te doen, te herkennen en te waarderen (gezien het aantal keren dat het wiskunde onderzoek uit leerjaar 3 werd genoemd). Wiskunde wordt ook als belangrijkste vak genoemd waar ze geleerd hebben meetgegevens in een grafiek te zetten.

De leerlingen lijken de leerlijn 'ontwerpen' van het vak techniek te herkennen: ze noemen titels van de belangrijkste ontwerp opdrachten, maar ze zijn het niet zo eens over het aantal opdrachten dat ze gedaan hebben.

De gewenste verticale leerlijn

We hebben enkele items in de vragenlijst opgenomen waarmee we zijn nagegaan of de leerlingen tevreden zijn over de verticale opbouw van klas 1 naar klas 3 en of ze daarin verandering wensen.

We hebben de leerlingen naar hun mening gevraagd over hoe ze de opbouw van de leerlijn hebben ervaren.

Tabel 6.19

Vraag 12	In vergelijking met klas 1 en 2 vind ik onderzoek doen/ontwerpen in klas 3 ...				
	beter gaan	moeilijker	interessanter	leuker	saaier
Groep	3,3	3,5	2,9	2,6	3,2
Meisjes			3,0	2,8	3,0
Jongens			2,7	2,5	3,4
N-profielen	3,3		3,3	3,1	2,7
M-profielen	3,0		2,4	2,3	3,6

De leerlingen vinden dat onderzoek doen in klas 3 wel wat beter gaat dan in klas 1 en 2, maar ze vinden het ook moeilijker. Bovendien vinden ze (en dan vooral de jongens) het niet interessanter of leuker, maar wel saaiër geworden. De N-profielkiezers zijn duidelijk positiever dan de M-profielkiezers.

Verder hebben we de leerlingen gevraagd of ze in klas 3 meer gebruik zouden willen maken van wat ze over onderzoek doen in de lagere klassen hebben geleerd.

Tabel 6.20

Vraag 11	Veel bijgeleerd over onderzoek doen	Veel bijgeleerd over ontwerpen	Ik vind dat we meer gebruik moeten maken van wat over onderzoek doen geleerd hebben in klas 1 en 2 bij ...		
			wiskunde	natuurkunde	scheikunde
Groep	3,2	1,8	2,5	2,5	2,6
Meisjes	3,4	1,7	2,8		2,8
Jongens	2,9	2,1	2,1		2,3
N-profielen	2,9				
M-profielen	3,4				

Uit vraag 11 blijkt dat de leerlingen in klas 3 wel iets over onderzoek doen hebben bijgeleerd, maar niet veel. Over ontwerpen echter hebben ze niets bijgeleerd, wat geen wonder is omdat het vak techniek niet meer op hun rooster staat.

De leerlingen vinden het niet nodig om bij wiskunde of NaSk meer gebruik te maken van wat ze over onderzoek doen in de lagere klassen hebben geleerd. We beschouwen dat niet als een teken van tevredenheid, maar als een bevestiging van het beeld dat eerder naar voren is gekomen dat de leerlingen niet zo gemotiveerd zijn om onderzoek te doen.

We concluderen dat de leerlingen van De Breul in klas 3 minder geïnteresseerd en minder gemotiveerd zijn voor onderzoek doen en derhalve geen versterking van de verticale leerlijn wensen.

Ervaren horizontale leerlijn

De door leerlingen ervaren horizontale leerlijn hebben we vastgesteld aan de hand van de vraag in hoeverre de leerlingen wat ze over onderzoek doen/ontwerpen bij het ene vak geleerd hebben, toegepast hebben in andere vakken.

Tabel 6.21 Merk op dat er hier sprake is van een 3-punts-schaal: nooit (1), soms (2), vaak (3)!

Vraag 9	Wat ik over <i>onderzoek doen/apparaten maken</i> geleerd heb bij ... heb ik ook bij andere vakken toegepast				
	Biologie <i>onderzoek</i>	Wiskunde <i>onderzoek</i>	NaSk <i>onderzoek</i>	NaSk <i>apparaten</i>	Techniek <i>apparaten</i>
Groep	2,6	2,1	2,0	1,2	1,8
Meisjes	2,8			1,1	
Jongens	2,4			1,4	
N-profielen			2,2		2,0
M-profielen			1,7		1,7

De leerlingen, vooral de meisjes, vinden dat ze de onderzoekskennis die ze bij biologie hebben geleerd, ook bij andere vakken hebben toegepast. Dat is maar soms het geval voor wat ze bij wiskunde en NaSk geleerd hebben. Dit resultaat klopt met wat de leerlingen aangaven bij de vraag waar ze diverse onderzoeksvaardigheden hadden geleerd (zie tabel 6.18). Daar gaven ze aan dat ze bijna alles van onderzoek doen bij biologie hadden geleerd.

De leerlingen geven aan dat wat ze bij biologie over onderzoek doen geleerd hebben, redelijk vaak bij andere vakken hebben toegepast. Dit is volgens hen bij wiskunde en NaSk duidelijk minder het geval. Dit resultaat is opvallend omdat ze bij biologie in klas 1 en 2 wat minder onderzoek gedaan hebben (ongeveer 3 maal per leerjaar) dan bij NaSk in klas 2 en 3 (meer dan drie keer). Bij NaSk hebben ze, vinden ze, nauwelijks aan ontwerpen of apparaten gewerkt. Het is dan ook niet verwonderlijk dat ze wat ze op dit gebied bij techniek hebben geleerd nauwelijks bij andere vakken hebben toegepast.

We concluderen dat de leerlingen nauwelijks een horizontale leerlijn hebben ervaren die verbanden legt tussen de bètavakken. In plaats daarvan leren ze in leerjaar 1 bij biologie de formele kenmerken van een onderzoek. Die passen ze vervolgens toe bij biologie en NaSk, maar zonder dat er een herkenbare kwalitatieve verdieping in het onderzoek doen wordt aangebracht. Een

illustratie daarvan vonden we bij een leerling die commentaar gaf bij de vragenlijst. Hij vond het invullen van de lijst:

ONZIN, omdat je bij alle vakken dezelfde onderzoeksstructuur aanhoudt. Dus in de brugklas leer je in één keer alles en dit blijf je gebruiken tot aan het einde van je schoolperiode.

Van het wiskunde-onderzoek van klas 3 hebben de leerlingen wél veel geleerd.

Gewenste horizontale leerlijn

Of de leerlingen een sterke verticale leerlijn wensen, zijn we nagegaan door hen te vragen naar de wenselijkheid van dwarsverbanden tussen de vakken.

Tabel 6.22

Vraag 10	Wat onderzoeken betreft zouden we bij ... meer gebruik moeten maken van wat we bij andere vakken geleerd hebben				Een onderzoekje is leuker als er meerdere vakken bij betrokken zijn
	wiskunde	NaSk	techniek	biologie	
Groep	2,6	3,0	2,6	2,8	2,6
Meisjes				3,0	2,8
Jongens				2,5	2,3
N-profielen	2,7			2,3	
M-profielen	2,3			3,1	

De leerlingen zijn het niet erg eens met de stelling dat men, wat onderzoeken betreft, bij *wiskunde en techniek* meer gebruik zou moeten maken van wat we bij andere vakken geleerd hebben. Voor NaSk en biologie staan ze neutraal tegen over deze stelling, hoewel bij biologie de meningen uiteen lopen: de jongens en de kiezers van een N-profiel zijn het niet eens met de stelling, terwijl de meisjes en de M-profielen er neutraal tegenover staan. Bij wiskunde echter zijn de N-profielen iets minder negatief over meer overlap met andere vakken. Ze willen ook liever geen vakdoorbrekende onderzoeken; dat geldt met name voor de jongens.

Dat ze vakdoorbrekende onderzoeken niet interessanter vinden en dat ze bij andere vakken geen kennis van andere vakken toe willen passen duidt erop dat de leerlingen geen versterking van een horizontale leerlijn willen.

7 Discussie, conclusies en aanbevelingen

7.1 Inleiding

Leerlijnen in de zin zoals door ons gebruikt, kunnen als (deel van) een curriculum beschouwd worden. Goodlad(1979) maakt onderscheid tussen verschillende curricula, onder andere tussen het gewenste, het gerealiseerde en het ervaren curriculum.

De leerlijnen die we per school beschreven hebben, zijn gebaseerd op verschillende databronnen en bevatten daardoor elementen van:

- de door docenten gewenste leerlijn (docent-interviews)
- de door docenten gepercipieerde leerlijn (docentbespreking van LOBO-lessen)
- stukjes gerealiseerde leerlijn (observaties in de klas van enkele LOBO-lessen)
- de door leerlingen ervaren leerlijn (leerlinginterviews; vragenlijst over LOBO-lessen).

We hebben ervoor gekozen per school één overzichtelijke beschrijving van de leerlijn te geven. Dat betekent dat gewenste, ervaren en gerealiseerde leerlijn niet onderscheiden zijn. Voordeel is dat de docenten een handzaam overzicht krijgen die ze kunnen gebruiken om een betere (gewenste en realiseerbare) leerlijn te formuleren en in de klas uit te proberen.

De geraadpleegde docenten maken deel uit van bètasecties (onderbouw) van beide scholen. Het betreft de actieve voorlopers: op het KWC de bij het LOBO-project betrokken docenten; op De Breul de sectievoorzitters. Beide groepen hadden ook bij collega's informatie verzameld. De geformuleerde leerlijn is derhalve niet alleen van toepassing op het onderwijs van de actieve voorlopers, maar ook, zij het in wat mindere mate, op dat van de bredere groep van bètadocenten in de onderbouw van de scholen.

In een vroegtijdig stadium is een voorlopige beschrijving van de leerlijn aan de coördinatoren op beide scholen voorgelegd met de vraag die ook door te spelen naar de secties en hen om eventuele aanvullingen of commentaar te vragen. Dat heeft een aantal reacties opgeleverd (instemmend, enkele aanvullingen, corrigeren van storende fouten) die we hebben verwerkt, waarna de nieuwe versies weer zijn voorgelegd.

Al met al denken we dat we met de informatie die door de docenten verschaft is en die we in de klas hebben verzameld, een valide en betrouwbaar

beeld van de leerlijn hebben kunnen geven. Die leerlijn geldt voor de docenten waarmee we uitgebreid overlegd hebben, en globaal ook voor de secties als geheel.

De informatie die de docenten over de leerlijn gaven, had betrekking op de verschillende afdelingen van de school (klas 1, 2 en 3 van het VMBO-T, HAVO en VWO). De verschillen tussen de leerlijnen op de verschillende afdelingen werden niet duidelijk gearticuleerd, zodat een beschrijving voor de afdelingen afzonderlijk niet zinvol was.

De leerlingen die geïnterviewd werden en zij die de vragenlijsten invulden waren alleen uit leerjaar 3 van het VWO afkomstig. De conclusies over de door leerlingen ervaren leerlijn zijn dus niet zonder meer van toepassing op de brede groep leerlingen van de betrokken scholen.

7.2 Leerlijnen

De eerste onderzoeksvraag luidde “welke elementen van de curricula van de vakken wiskunde, natuur- en scheikunde, biologie en techniek in de onderbouw van de scholen zijn gericht op het aanleren van (aspecten van) onderzoek doen/technisch ontwerpen”. Deze elementen hebben we geïdentificeerd en beschreven, voor het KWC in hoofdstuk 4 en voor De Breul in hoofdstuk 5.

We kunnen de (aanzet tot een) leerlijn ‘onderzoek doen’ op het KWC als volgt karakteriseren. In de curricula van elk bètavak in de leerjaren 1, 2 en 3 zijn kennis-, vaardigheden- en houdingselementen van ‘onderzoek doen’ aanwezig. De elementen van technisch ontwerpen zijn beperkt tot het vak techniek. Aan de opeenvolging van de elementen binnen de vakken en tussen de vakken ligt geen geëxpliciteerde leerlijn ten grondslag, maar is veeleer intuïtief tot stand gekomen. De secties werken aan de realisering van hun wens deze elementen aaneen te smeden tot een samenhangende leerlijn, die gericht is op het ontwikkelen van een onderzoekende houding bij leerlingen. In het bijzonder voor VWO is daaraan gewerkt. In het schooljaar 2002/2003 is daaraan gewerkt in het kader van het LOBO-project, vooral vanuit de doelstelling samenhang te krijgen tussen de vakken. In elk van de drie leerjaren werd een project gedaan om zowel de samenhang tussen de vakken vorm te geven als de leerlingen te stimuleren in hun onderzoekende houding. Voor de betrokken docenten en voor de school waren de LOBO-ervaringen erg leerzaam (zie Van der Valk e.a. 2004). De secties willen op die weg doorgaan (en zijn daaraan bezig in het

lopende leerjaar 2003/2004). Hun doel op langere termijn is ook tot een verantwoording van een leerlijn te komen.

De leerlijn ‘onderzoek doen’ op De Breul, hoewel in detail anders dan het KWC, komt in een aantal opzichten overeen met die van het KWC. Ook de bètasecties van de Breul namen deel aan het LOBO-project en werkten samen om een gezamenlijke leerlijn onderzoek doen te ontwikkelen. Anders dan het KWC was er al een aanzet tot een gezamenlijke leerlijn in de vorm van de *blauwe kaart*. Daarin wordt aangegeven aan welke eisen een onderzoeksverslag moet voldoen. In principe was afgesproken dat alle vakken deze eisen zouden stellen. Er bleek echter onenigheid tussen de secties over de toepassing van de kaart: moeten de leerlingverslagen in de brugklas al aan die eisen voldoen (het idee van de sectie biologie), of moeten die eisen langzaam aan gedurende de onderbouw opgebouwd worden (het idee van de secties NaSk en wiskunde)? Dit verschil in inzicht is aan het licht gekomen toen de secties in LOBO-verband aan de slag gingen met het uitzetten van een gezamenlijke lijn ‘onderzoekende houding’. Dit heeft geleid tot discussies over onderzoekende houding, vaardigheden en het toepassen van de blauwe kaart die op het moment dat we dit schrijven nog niet zijn afgerond.

Een en ander betekent dat de andere bètasecties van de Breul grotendeels een eigen leerlijn volgen en weinig aansluiten bij wat leerlingen vanaf de brugklas bij biologie over onderzoek doen en een verslag maken hebben geleerd.

7.3 Verschillen tussen de leerling-resultaten van beide scholen

De tweede onderzoeksvraag luidde: “In hoeverre wensen en ervaren de betrokken leerlingen een samenhangende leerlijn ‘onderzoek doen/technisch ontwerpen’ in de betreffende bètavakken?”

Bij het beantwoorden van deze vraag zijn er opvallende verschillen tussen de twee scholen naar voren gekomen, waarbij de resultaten op het KWC positiever zijn dan voor De Breul. Omdat De Breul met de afspraken over de blauwe kaart in zekere zin een voorsprong had op het KWC, hadden we dat niet verwacht. Ondanks dat het onderzoek niet werd opgezet om een vergelijking te maken tussen leerlingen van beide scholen over de door hen ervaren en gewenste leerlijnen op de twee scholen, bediscussiëren we in deze paragraaf mogelijke verklaringen.

De leerlingen van het KWC schatten hun onderzoekende houding (met name het aspect kritische houding) en vaardigheden (met name de bèta specifieke) hoger in dan die van De Breul (vergelijk tabel 6.2 met 6.13). Ze tonen zich

meer gemotiveerd (tabel 6.9 en 6.19), ervaren sterker een aanwezigheid van leerlijnen (tabel 6.10 en 6.20) en wensen meer een versterking ervan (tabel 6.12; 6.22) dan de groep De Breul-leerlingen. Een ander opvallend verschil tussen KWC en De Breul betreft de verschillen tussen de M- en N-profielen, wat betreft kennis van onderzoek (tabel 6.3; 6.14), vaardigheden (tabel 6.4; 6.15), verticale leerlijn (tabel 6.9; 6.19) en gewenste horizontale leerlijn (tabel 6.12; 6.22). Deze verschillen zijn voor de KWC-groep minder groot dan voor de groep van De Breul, terwijl er in de KWC-groep meer N- dan M-profielkiezers zijn, in tegenstelling tot groep de Breul waar de groep M-profielkiezers de grootste is. De jongens en de M-kiezers van De Breul zijn vooral minder positief dan het KWC in de mate waarin ze onderzoek doen in klas 3 interessanter/moeilijker en leuker/saaiër dan in klas 2 vinden.

We concluderen dat de KWC-leerlingen in het algemeen positiever over onderzoek doen zijn dan de leerlingen van De Breul. Met name de jongens en de M-profielkiezers van De Breul verliezen hun motivatie voor onderzoek doen in het derde leerjaar, terwijl dezelfde groep op het KWC meer gemotiveerd wordt. Dat lijkt samen te gaan met een vrij lage, respectievelijk vrij hoge, inschatting van hun onderzoeksvaardigheden en inschatting van hun onderzoekende houding.

Een verklaring voor de gevonden verschillen kan gezocht worden in verschillen in groepskenmerken of in het gegeven onderwijs.

Er is weinig verschil tussen beide groepen leerlingen in leeftijd, samenstelling qua geslacht of soort opleiding (beide VWO). Er is mogelijk wél een verschil in sociaal-economische achtergrond. Beide scholen zijn streekscholen, maar het KWC met een meer (hoewel geen overwegend) agrarische achtergrond (de Betuwe) en De Breul met een meer suburbane achtergrond (Utrechtse heuvelrug). Dit verschil in achtergrond zou één van de verklarende factoren voor de verschillen in profielkeuze kunnen zijn: in suburbane scholen zijn de M-profielen meestal sterker vertegenwoordigd dan de N-profielen. We achten de invloed van deze factor echter klein.

Omdat de verschillen vooral de beleving van het onderwijs betreffen (interessant, leuk, moeilijk) denken we dat een verklaring vooral in verschillen in het gegeven onderwijs gezocht moeten worden.

Er moet worden opgemerkt dat de groep KWC-leerlingen in het voorafgaande leerjaar (2002/2003), in klas 2, meegedaan hebben aan de LOBO-opdracht over *water*: velen van hen noemden dat ook als een leerzaam onderzoek. De bètadocenten van De Breul deden in dat zelfde jaar weliswaar ook mee aan het

LOBO, maar voor de leerlingen is er toen in klas 2, door omstandigheden, geen LOBO-opdracht in een klas uitgevoerd. Wel is er in het schooljaar 2003/2004 een LOBO-opdracht in de tweede klas van De Breul geweest, maar de leerlingen van de proefgroep zaten toen in klas 3.

Op beide scholen was in klas 3 (nog) geen LOBO-opdracht gedaan op het moment dat de vragenlijst werd afgenomen. Op De Breul heeft de sectie wiskunde echter wel, geïnspireerd door het 2^e-klas-LOBO-onderzoek rond onderzoekende houding, ook voor de derde klas iets ontwikkeld (met succes, zoals uit de leerlingreacties is gebleken).

Een en ander suggereert als eerste belangrijke verklarende factor het (samen) werken aan vernieuwing van het curriculum op het gebied van leerling-onderzoek. Op het KWC is het resultaat van de samenwerking van de bètasecties in het LOBO-project voor de leerlingen van de proefgroep duidelijk zichtbaar geweest; op De Breul was dat resultaat voor de proefgroep nog nauwelijks zichtbaar.

Een tweede verklarende factor zou kunnen zijn de overeenstemming over de manier waarop leerlingen een onderzoek moeten inrichten. Op het KWC was het bètateam met elkaar bezig een overeenstemmende manier te ontwikkelen. Het bètateam van De Breul had in de vorm van de 'blauwe kaart' een instrument gevonden om in de verschillende vakken overeenstemmende eisen aan het onderzoeksverslag te stellen. Maar de discussie hoe dit instrument in de les te hanteren, had nog onvoldoende plaats gevonden, waardoor de ene sectie (biologie) de blauwe kaart vanaf de brugklas gebruikte, terwijl de andere secties die maar gedeeltelijk toepaste (NaSk) of geheel niet (wiskunde). Dat kan de leerlingen de indruk hebben gegeven dat 'je in de brugklas bij biologie alles over onderzoek doen leert en dat je dat verder tot aan het einde van je schoolperiode toepast', om vervolgens te merken dat er bij andere bètavakken dan biologie toch andere eisen gesteld worden. Het is voorstelbaar dat zo iets verwarrend en demotiverend werkt.

Een derde verklarende factor zou het uitgangspunt van de leerlijnen kunnen zijn: voor de gezamenlijke KWC-leerlijn (en voor het succesvolle wiskunde-onderzoek in klas 3 van De Breul) is het uitgangspunt het ontwikkelen van een onderzoekende houding van de leerlingen. Voor de afgesproken leerlijn op De Breul (de blauwe kaart) is het doel het onderwijzen van onderzoeksvaardigheden. Deze factor verdient nader onderzoek.

7.4 Conclusies

Beide bij het onderzoek betrokken scholen werken aan het vormgeven van een leerlijn onderzoek doen. Het bètateam (onderbouw) van het KWC werkt met

elkaar samen om zo'n leerlijn vorm te geven. Het bètateam (onderbouw) van De Breul is in het verleden een stukje van een leerlijn in de vorm van een voorschrift voor de opbouw van een verslag onderling overeen gekomen. Echter, in de praktijk houden de verschillende secties zich in wisselende mate aan deze afspraak. Recent is de samenwerking met het doel een (verdere) ontwikkeling van een leerlijn onderzoek doen op De Breul op gang gekomen. De proefgroep van leerlingen heeft daarvan in de klas nog weinig kunnen merken.

De KWC-proefgroep toont een aanzienlijk positiever beeld wat betreft onderzoekende houding en vaardigheden en gemotiveerdheid in klas 3 dan de proefgroep van De Breul. De meest waarschijnlijke verklaring daarvoor vinden we in de verschillen in de mate waarin er op de scholen, zichtbaar voor de leerlingen, in het bètateam inhoudelijk door de docenten wordt samengewerkt en gelijke uitgangspunten worden gehanteerd in de onderzoekslijn van de verschillende vakken.

7.5 Aanbevelingen

Op grond van het beschreven onderzoek komen we tot de volgende aanbevelingen voor de twee bij het onderzoek betrokken scholen en aan scholen voor Voortgezet Onderwijs in het algemeen. De volgende aanbevelingen hebben betrekking op het ontwikkelen en implementeren van een leerlijn onderzoek doen in het algemeen.

- zorg voor een goede samenwerking tussen de secties die bij het maken van een leerlijn onderzoek doen betrokken zijn
- zorg dat deze samenwerking goed zichtbaar is voor de leerlingen
- voer afspraken over de implementatie van de leerlijn pas in als er consensus is tussen de secties, zodat ieder bereid is de afspraken uit te voeren
- probeer (delen van) een leerlijn onderzoek doen eerst in enkele klassen uit alvorens die breed in te voeren

Wat de inhoud van de leerlijn betreft hebben we de volgende aanbevelingen, waarvoor we aanwijzingen hebben gevonden:

- zet een leerlijn 'onderzoekende houding' op die start bij het houdingsaspect 'willen weten' van leerlingen
- stimuleer de ontwikkeling van dat houdingsaspect onder andere in de richting van de noodzaak een goede onderzoeksvraag te stellen; zich oriënteren; zich op de hoogte stellen van onderzoek door anderen (onder andere in de vorm van 'theorie')

- stimuleer ook andere houdingsaspecten zoals kritische houding/eerlijkheid; willen delen met elkaar en laat die zich ontwikkelen in de richting van het verantwoorden van een onderzoeks-aanpak; criteria voor 'goede' (meet)gegevens; conclusies; eisen aan uitwisseling van gegevens; rapporteren aan elkaar.
- openheid en onderzoekende houding eerst, kennis van onderzoek en vaardigheden laten ontwikkelen als vervolg
- vermijd voorschriften voor onderzoek doen die nog niet op ervaren nut of noodzaak gebaseerd kunnen worden
- laat ruimte aan elkaar voor vakspecifieke aspecten, maar benoem vakoverstijgende aspecten zoals oriënteren; een onderzoeksvraag stellen; gebruik van gesystematiseerde kennis van anderen ('theorie'); discussie van resultaten, maar geef ook aan hoe die vak- of zelfs onderwerpspecifiek ingevuld kunnen/moeten worden
- besteed bijzondere aandacht aan de aansluiting van de natuurwetenschappelijke vakken bij het vak techniek, omdat technisch ontwerpen een voor leerlingen interessante uitwerking aan 'onderzoekende houding' geeft en vanwege het doortrekken van de lijn naar de bovenbouw
- besteed bijzondere aandacht aan de plaats van wiskunde-onderzoek in de leerlijn 'onderzoekende houding', juist omdat het voor leerlingen bèta-onderzoek toevoegt dat niet experimenteel van aard is

Omdat deze tweede reeks aanbevelingen niet direct uit het onderzoek volgen, is een belangrijke aanbeveling voor vervolgonderzoek:

- ontwikkel een leerlijn vanuit de tweede reeks aanbevelingen en realiseer die in de praktijk
- onderzoek het effect van deze leerlijn en ga na of die aangevuld of verbeterd kunnen worden

Literatuur

- Genseberger, R., & A.E. van der Valk (2002). *Didactiek voor de β -vakken in de tweede fase van het HAVO/VWO. Een bundel artikelen. Deel van het eindverslag van het BPS-project*. Utrecht: CD- β , Universiteit van Utrecht (interne publicatie).
- Goodlad, J.L., M.F. Klein & K.A. Tye (1979). *Curriculum inquiry; The study of curriculum practice*. New York: McGraw Hill.
- Hubers, S., (2004) *Onderzoeken en ontwerpen van PO naar HO in een doorlopende leerlijn*. Enschede: SLO.
- Jambroes, A., H. Hummelen & T. van der Valk (2002). Nieuwe doelen, nieuwe organisatievormen in de tweede fase. *NVOX* 27 (3), 103-106.
- Jambroes, A., H. Hummelen & T. van der Valk (2004). Bèta docenten verenigen hun krachten. *Didaktief*, 34 (4) april 2004, blz. 20-22.
- Kortland, K., K. Klaassen, P. Lijnse, T. van den Brink (2003). *Een probleemstellende lessenserie*.
http://www.nvon.nl/nvox/digitale_NVOX.htm.
- Smits, Th.J.M., (2003). *Werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek*. Utrecht: CD-bèta Press (CD-bèta wetenschappelijke reeks nr. 44) diss. K.U. Nijmegen
- Stokking, K.M, & M.F. van der Schaaf (1999). *Beoordelen van onderzoeksvaardigheden van leerlingen*. Utrecht: Universiteit Utrecht/ISOR.
- Stokking, K.M, & M.F. van der Schaaf (2000). *Ontwikkeling en beoordeling van onderzoeksvaardigheden*. Utrecht: Universiteit Utrecht/ISOR.
- Taakgroep Vernieuwing Basisvorming (2003). *Ontwerp nieuwe kerndoelen onderbouw VO*. Den Haag: Ministerie van OCenW
<http://www.vernieuwingbasisvorming.nl>
- Teeuw, F.A., T. van der Valk, H. Broekman. *Het BPS-project aan het Koningin Wilhelmina College te Culemborg; een voorbeeld van 'Tweede fase vernieuwing'*. Utrecht: CD- β , Universiteit van Utrecht (interne publicatie)
- Valk, T. van der , & C. Geraedts (2002). Het mini-profielwerkstuk: leren onderzoeken. *NVOX digitaal*:
http://www.nvon.nl/nvox/digitale_NVOX/artikelen/miniprofiel.pdf
- Valk, A.E. van der, H. Broekman, K. de Jong & O. de Jong (2002). Bèta docenten begeleiden bij een mini-profielwerkstuk in de klas. In: Fr. Daems, R. Rymenans & G. Rogiest, *Onderwijsonderzoek in Nederland en Vlaanderen; Proceedings ORD 2002*. Antwerpen: Universiteit van

Antwerpen. (blz. 252-253)

Van der Valk e.a. 2004. *Een discourse community rond onderzoekende houding in de bètavakken*. Bijdrage aan het symposium Vakkundig leren onderzoeken, Onderwijs Research Dagen 2004 te Utrecht.

<http://edu.fss.uu.nl/ord/>

Vollebregt, M.J, C.W.J.M. Klaassen, R.J. Genseberger, P.L. Lijnse (1999). Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs. *NVOX*, 24, pp. 339 – 341.

Vos, W. de, & R.J. Genseberger (2000). 'Onderzoek doen' in natuurwetenschappelijke vakken. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 17 (1), 4-13.

Boekenlijst KWC

Biologie	Biologie voor Jou, Malmberg BV
Natuur- en Scheikunde	Nova, Malmberg BV
Natuurkunde	Nova, Malmberg BV
Scheikunde	Pulsar Chemie, Wolters-Noordhoff
Techniek	Techniek, ThiemeMeulenhoff AVO Uitgeverij
Verzorging	Zorg op maat, NijghVersluys
Wiskunde	Getal en Ruimte, Educatieve Partners Nederland
	Moderne Wiskunde, Wolters-Noordhoff

Boekenlijst De Breul

Biologie	Biologie voor Jou, Malmberg BV
Wiskunde	Moderne Wiskunde, Wolters-Noordhoff
Techniek	Technologisch, Educatieve Partners Nederland
Natuur- en Scheikunde	Nova, Malmberg BV

Bijlagen

Op de volgende pagina's zijn de in de tekst genoemde bijlagen weergegeven. Hier en daar zijn ze ingekort. Bij de meeste bijlagen zijn de lege ruimtes, tabellen en grafieken, waar de leerlingen hun resultaten kwijt kunnen, niet weergegeven.

Inhoudsopgave bijlagen

A: vragenlijst leerlingen: Wat weet jij van onderzoeken?	106
KWC-1: Zelf bedacht proefje	112
KWC-2: Kippenvleugel	113
KWC-3: Stevigheid.....	115
KWC-4: Fotolijsten: antwoorden van leerlingen	119
KWC-5: LOBO-project verzorging: pindakaas & cholesterol.....	123
dB-1: Letterproef	124
dB-2: Verbanden op de camping	125
dB-3: Grafieken: gezamenlijke regels.....	127

A: vragenlijst leerlingen: Wat weet jij van onderzoeken?

De afgedrukte vragenlijst is inhoudelijk de vragenlijst zoals die op De Breul afgenomen is. De KWC-versie verschilde enkel in de in de vragen genoemde vakken.

Persoonlijke gegevens

a.	Mijn leeftijd is	
b.	Ik ben een	Jongen / meisje*
c.	Ik zit in klas	
d.	Heb je voordat je naar deze school kwam op een andere middelbare school gezeten?	Nee* Ja*, ik ben pas in klas ___ naar deze school gekomen
e.	Weet je al welk profiel je gaat kiezen?	Nee*, ik weet het nog niet Ja*, namelijk Natuur & Techniek Ja*, namelijk Natuur & Gezondheid Ja*, namelijk Economie & Maatschappij Ja*, namelijk Cultuur & Maatschappij

* Omcirkelen wat van toepassing is

Kennis en interesse

1. Waarom onderzoek je?

		oneens			eens	
1.1	Ik doe een onderzoekje als ik meer wil weten over een onderwerp	--	-	0	+	++
1.2	Ik doe een onderzoekje omdat ik het met anderen eens wil worden of iets waar is	--	-	0	+	++
1.3	Als ik een onderzoekje doe, dan wil ik een oplossing krijgen voor een probleem	--	-	0	+	++
1.4	Ik vind het belangrijk om eerlijk gevonden resultaten te krijgen	--	-	0	+	++
1.5	Ik laat de resultaten van mijn onderzoek graag aan anderen zien	--	-	0	+	++
1.6	Ik doe onderzoek om zelf te kunnen nagaan of iets echt waar is.	--	-	0	+	++

2. Wat weet je van onderzoek doen?

		oneens			eens	
2.1	Ik weet wat bedoeld wordt met "oriëntatie op een onderzoek"	--	-	0	+	++
2.2	Ik weet wat het nut van een onderzoeksvraag is	--	-	0	+	++
2.3	Ik weet precies wat er bedoeld wordt met 'hypothese'	--	-	0	+	++
2.4	Ik weet wat een onderzoeksplan is	--	-	0	+	++

3. Waar ben je goed in?

		oneens			eens	
3.1	Ik ben goed in onderzoeksactiviteiten (zoals: observeren, meten, rekenen, ...)	--	-	0	+	++
3.2	Ik ben goed in het schrijven van een verslag	--	-	0	+	++
3.3	Ik ben goed in het verzinnen van een eigen aanpak	--	-	0	+	++
3.4	Ik ben goed in het bedenken wat ik precies wil onderzoeken	--	-	0	+	++
3.5	Ik ben goed in samenwerken met klasgenoten	--	-	0	+	++
3.6	Ik ben goed in het verzamelen van informatie over het onderwerp uit een boek of van internet.	--	-	0	+	++
3.7	Ik ben goed in het trekken van conclusies aan het einde van een onderzoek	--	-	0	+	++

Onderzoek doen & ontwerpen

4. Hoe vaak heb je een onderzoekje gedaan bij ...

		aantal keer per schooljaar					
4.1	Biologie in klas 1	0	1	2	3	4	>4
4.2	Biologie in klas 2	0	1	2	3	4	>4
4.3	NaSk in klas 2	0	1	2	3	4	>4
4.4	NaSk in klas 3	0	1	2	3	4	>4
4.5	Wiskunde in klas 1	0	1	2	3	4	>4
4.6	Wiskunde in klas 2	0	1	2	3	4	>4
4.7	Wiskunde in klas 3	0	1	2	3	4	>4

5. Beschrijf twee onderzoekjes waarvan je veel geleerd hebt (over onderzoek doen).

5.1	Voorbeeld 1	Klas:		Vak:	
	Het ging over:				

5.2	Voorbeeld 2	Klas:		Vak:	
	Het ging over:				

6. Hoe vaak heb je een *apparaat of ontwerp* gemaakt bij ...

		aantal keer per schooljaar					
6.1	NaSk in klas 2	0	1	2	3	4	>4
6.2	NaSk in klas 3	0	1	2	3	4	>4
6.3	Techniek in klas 1	0	1	2	3	4	>4
6.4	Techniek in klas 2	0	1	2	3	4	>4

7. Geef een voorbeeld van een apparaat of ontwerp dat je gemaakt hebt

7.1	Voorbeeld	Klas:		Vak:	
	Wat voor apparaat of ontwerp was het?				
	Waarvoor diende het?				

8. Geef aan bij welk vak je geleerd hebt over ...

		vak:
8.1	Een onderzoeksvraag stellen	
8.2	Een hypothese opstellen	
8.3	Waarnemingen in een tabel zetten	
8.4	Meetgegevens in een grafiek zetten	
8.5	Verslag maken	

Samenhang van vakken

9. Hoe vaak gebruik je kennis van een bepaald vak bij andere vakken?
Omcirkel 'nooit', 'soms' of 'vaak'

9.1	Wat ik over onderzoek doen heb geleerd bij biologie , heb ik ook bij andere vakken toegepast	nooit	soms	vaak
9.2	Wat ik over onderzoek doen heb geleerd bij wiskunde , heb ik ook bij andere vakken toegepast	nooit	soms	vaak
9.3	Wat ik over onderzoek doen heb geleerd bij NaSk , heb ik ook bij andere vakken toegepast	nooit	soms	vaak
9.4	Wat ik over <i>apparaten maken</i> heb geleerd bij NaSk , heb ik ook bij andere vakken toegepast	nooit	soms	vaak
9.5	Wat ik over <i>apparaten maken</i> heb geleerd bij techniek , heb ik ook bij andere vakken toegepast	nooit	soms	vaak

10. Wat vind je van dwarsverbanden tussen vakken?

		oneens			eens	
10.1	Wat onderzoeken betreft zouden we bij wiskunde meer gebruik moeten maken van wat we bij andere vakken geleerd hebben	--	-	0	+	++
10.2	Wat onderzoeken betreft zouden we bij NaSk meer gebruik moeten maken van wat we bij andere vakken geleerd hebben	--	-	0	+	++
10.3	Wat onderzoeken betreft hadden we bij techniek meer gebruik kunnen maken van wat we bij andere vakken geleerd hebben	--	-	0	+	++
10.4	Wat onderzoeken betreft hadden we bij biologie meer gebruik kunnen maken van wat we bij andere vakken geleerd hebben	--	-	0	+	++

11. Gebruik je wat je al geleerd hebt?

		oneens			eens	
11.1	Ik heb dit schooljaar al veel bijgeleerd over onderzoek doen	--	-	0	+	++
11.2	Ik heb dit schooljaar al veel bijgeleerd over ontwerpen of apparaten maken	--	-	0	+	++
11.3	Ik vind dat we bij wiskunde meer gebruik moeten maken van wat we over onderzoek doen in klas 1 en 2 geleerd hebben	--	-	0	+	++
11.4	Ik vind dat we bij NaSk meer gebruik moeten maken van wat we over onderzoek doen in klas 2 geleerd hebben	--	-	0	+	++
11.5	Ik vind een onderzoekje doen leuker als er meerdere vakken bij betrokken zijn	--	-	0	+	++

12. In vergelijking met klas 1 en 2 vind ik dat in klas 3 onderzoek doen en ontwerpen/apparaten maken...

		oneens			eens	
12.1	... me beter af gaat	--	-	0	+	++
12.2	... steeds moeilijker worden	--	-	0	+	++
12.3	... steeds interessanter worden	--	-	0	+	++
12.4	... steeds leuker worden	--	-	0	+	++
12.5	... steeds saaier worden	--	-	0	+	++

KWC-1: Zelf bedacht proefje

KWC-2: Kippenvleugel

KWC-3: Stevigheid

KWC-4: Fotolijsten: antwoorden van leerlingen

KWC-5: LOBO-project verzorging: pindakaas & cholesterol

dB-1: Letterproef**BIOLOGIE OPDRACHT****LEERGEDRAG BIJ MENSEN.****Les 1:**

De leerlingen krijgen de opdracht om uit een A4-tje een hoofdletter te knippen, deze in 6 stukken te knippen om hem vervolgens als een puzzel aan een medeleerling aan te bieden.

Deze leerling legt de puzzel in het totaal 10x en de tijd die hij zij er over doet wordt in een tabel genoteerd.

Les 2:

De leerlingen krijgen een hoofdletter F op een A4-tje, deze knippen ze uit en stoppen ze in hun agenda (met paperclip). De leerlingen krijgen ook een papier met 6 tabellen. Elke leerling moet 5 van de 6 tabellen invullen. (Dus de proef met 5 familieleden of vrienden uitvoeren). Hiervoor krijgt de leerling 1 week.

De rest van de les wordt besteed aan hoe maak je een verslag wat zou een goede onderzoeksvraag kunnen zijn. Hypothese? Hoe gaan we de opdracht over een week verwerken?

Les 3:

De tabellen worden op leeftijd verzameld en over 6 groepjes verdeeld. Deze groepjes maken een tabel en een grafiek van de gegevens voor die groep. De grafiek wordt ook uitgevoerd op een plasticvel waarop grafiekpapier voorgedrukt is.

De plasticvellen worden op een OHP over elkaar heen gelegd.

Leeftijd ... (0-10)	man/vrouw
Poging 1	sec
Poging 2	sec
Poging 3	sec
Poging 4	sec
Poging 5	sec
Poging 6	sec
Poging 7	sec
Poging 8	sec
Poging 9	sec
Poging 10	sec

Leeftijd ... (10-20)	man/vrouw
Poging 1	sec
Poging 2	sec
Poging 3	sec
Poging 4	sec
Poging 5	sec
Poging 6	sec
Poging 7	sec
Poging 8	sec
Poging 9	sec
Poging 10	sec

Idem voor tabellen met leeftijdsgroepen 20-30 jaar; 30-40 jaar; 40-50 jaar; >50 jaar

dB-2: Verbanden op de camping**Verbanden op de camping**

Wiskunde onderzoekopdracht voor VWO 2
Oktober 2003

Inleiding

In VWO 2 worden twee onderzoeksopdrachten voor wiskunde gegeven. Het is de bedoeling dat je ervaring krijgt met het zelf uitzoeken van wiskundige vragen. Zelf een werkwijze kiezen, een verstandige samenwerking organiseren spelen nu meer een rol dan anders. Wiskunde is een stuk leuker als een boek je niet alles voorkauwt. En dat geldt ook voor alle wiskundige problemen die nog gaan volgen in de hogere klassen.

Het probleem

Op een camping in Frankrijk is geen indeling in vaste kampeerplekken. Ieder mag gaan staan waar hij wil. Maar hij moet zich houden aan enige bijzondere regels.

- *Ieder krijgt een even grote oppervlakte, namelijk 50 m^2 .*
- *Het terreintje dat ieder zich mag toe-eigenen, moet rechthoekig zijn. Als men aankomt krijgt men een stuk afzetlint en 4 prikpaaltjes. Daarmee markeert men het gekozen terrein.*
- *Aan de kant van de vlaggenmast in het midden van de camping mag geen lint worden gespannen.*

Als je een erg smalle rechthoek kiest, heb je veel lint nodig. En hoe zit dat bij een erg brede rechthoek? Het wiskundige probleem waar het om draait is eenvoudig: hoeveel lint heb je minimaal nodig?

Vooraf

Hoewel de vraag eenvoudig lijkt, is het vinden van het antwoord niet zo simpel, zeker niet als je van je antwoord wiskundig zeker wilt zijn. En dat is wel de bedoeling. Laat daarom het probleem eerst maar even met rust en concentreer je op een ander probleem, dat iets eenvoudiger is.

Pak een stuk touw (niet te dik) van ruim 80 cm en knoop de eindjes zo aan elkaar dat de omtrek van de lus die je zo krijgt precies 80 cm is. Maak van de lus een rechthoek en bereken de oppervlakte van die rechthoek. Door de lengte te variëren krijg je telkens verschillende rechthoeken met andere oppervlakten. De vraag nu is, welke rechthoek heeft de grootste oppervlakte? Met tabellen en grafieken is het vast mogelijk om zeker te zijn van je antwoord. Misschien moet je om telkens de breedte te kunnen berekenen ook een grafiek maken van de breedte. Je kunt misschien zelfs formules maken voor de breedte en ook voor de oppervlakte.

Organisatie

1. De klas wordt door de leraar verdeeld in 7 of 8 groepjes van 4 of soms 3 personen. Je mag daarbij wel kiezen maar de leraar bepaalt uiteindelijk de samenstelling van het groepje. Elk groepje moet een vertegenwoordiger kiezen. Behalve dat deze goed in de gaten houdt of ieder verstandig werkt in het groepje, zal hij later ook nog een speciale rol spelen.
2. De opdrachten die de groepjes krijgen zijn verschillend. Het is namelijk de bedoeling dat de gegevens van de verschillende groepjes elkaar later kunnen aanvullen. **In de eerste les** worden alleen de groepjes gevormd, vertegenwoordigers gekozen en de onderzoeksopdrachten uitgedeeld. Ieder leest zijn opdracht door en krijgt de gelegenheid vragen te stellen als iets niet duidelijk is.

3. Als voorbereiding op de tweede les probeert ieder thuis vast het probleem van het touwtje op te lossen. Daarvoor zoekt hij eerst een touwtje en maakt een lus met de goede omtrek. Hij maakt veel aantekeningen, want in de volgende les wachten zijn groepsleden op zijn berekeningen en zijn grafieken. Het is handig om van de rechthoeken tekeningen op schaal te maken.
4. **In de tweede les** wordt gewerkt in de groepjes aan het probleem van het touwtje. Ideeën worden uitgewisseld. Afgesproken wordt wat het groepje op papier gaat zetten. En ook wie wat doet. In de volgende les moet namelijk al een kort verslagje van het onderzoek met het touwtje worden ingeleverd.
5. Als de groep **in de derde les** het eigen werk nog even doorgekeken heeft, wordt het bij de leraar ingeleverd. Deze kopieert de verslagen vier maal en deelt deze uit in de verschillende groepen. Elke groep heeft dan vier verschillende werkstukken. Zij gaan dan de volgende twee vragen proberen te beantwoorden.
 - a. *Welk verslag is het beste gepresenteerd en waarom is dat zo? (Er moet een volgorde bepaald worden: 1, 2, 3, 4.)*
 - b. *Welke wiskundige conclusies kun je trekken uit de verschillende verslagen samen?*
6. Ter voorbereiding van de vierde les werkt ieder thuis aan **de hoofdvraag van de camping**. Voor wie zijn speurneus niet meer onder controle heeft, staan hieronder nog meer onderzoeksvragen die met het onderwerp te maken hebben.
7. **In de vierde les wordt** weer in de groepen gewerkt. De ideeën, de berekeningen en de grafieken worden met elkaar vergeleken. En er worden conclusies getrokken. Tijdens deze les gaan de groepsvertegenwoordigers bij elkaar zitten om de conclusies van de groepen te vergelijken. Daarna worden in de groepen afspraken gemaakt over wat en door wie het een en ander wordt opgeschreven.
8. Twee lessen later moet van elk groepje het eindverslag worden ingeleverd. In de tussentijd kan het groepje afspreken op school of bij iemand thuis nog een keer bij elkaar te komen om de puntjes op de i te zetten.

Beoordeling

1. De vier leden van krijgen in principe allemaal het zelfde cijfer. Alleen als de groepsvertegenwoordiger aangeeft dat iemand niet goed heeft meegewerkt en de andere leden van de groep het daar eigenlijk wel mee eens zijn, wordt er verschil gemaakt tussen de cijfers.
2. Bij het cijfer wordt gelet op het oordeel van de andere groepen bij het eerste verslagje. Het belangrijkste telt de kwaliteit van het eindverslag. Verder let de leraar op de kwaliteit van de samenwerking in het groepje. Als een groepje nog wat gevonden heeft bij de vragen van beneden, heeft dat ook een positieve invloed op het eindcijfer.
3. Het cijfer telt voor het rapport mee als de helft van een proefwerk in de tweede periode.

De extra vragen

1. *Als je met je touwtje geen rechthoek maar een driehoek had moeten maken, wat was dan de grootste mogelijke oppervlakte geworden. (Als je een driehoek in een assenstelsel tekent en je weet de coördinaten van de hoekpunten, dan kun je de schilderij-methode toepassen om de oppervlakte te berekenen. Ook kun je denken aan verhoudingsfactoren voor de oppervlakte.)*
2. *Wat wordt het antwoord van hetzelfde vraagstuk als je een zeshoek had moeten maken? En hoe zit dat bij een achthoek? Berekenen zal nu niet simpel zijn. Wat is de grootste mogelijke oppervlakte die je lus kan insluiten? Hoe groot is die ongeveer?*

dB-3: Grafieken: gezamenlijke regels

Biologie, economie, natuur-scheikunde en wiskunde

Tekenen van grafieken

Bij deze vakken kunnen we gezamenlijk afspraken maken over het tekenen van grafieken.

- 1. Je tekent met potlood en liniaal**
- 2. Je schrijft met pen**
- 3. Als eerste teken je de horizontale en de verticale as. Let op de indeling van de assen, deze moet met even grote stappen.**
- 4. Schrijf bij de assen de grootheden in eenheden. Dus bijvoorbeeld tijd in minuten of afstand in kilometers.**
- 5. Zet de gegevens uit de tabel in de grafiek met een punt.**
- 6. Teken indien nodig een lijn. Wanneer de lijn recht is teken hem dan met liniaal**