

Onderzoeken en ontwerpen van PO naar HO in een doorlopende leerlijn

een eerste schets voor een debat in natuurwetenschappelijke kring

voortgezet onderwijs

*Doorlopende leerlijnen/
Leerlijn in onderzoeks- en
ontwerpvaardigheden in
natuurwetenschappelijke
vakken en digitale
leeromgeving*

Onderzoeken en ontwerpen van PO naar HO in een doorlopende leerlijn

een eerste schets voor een debat in natuurwetenschappelijke kring

voortgezet onderwijs

*Doorlopende leerlijnen/
Leerlijn in onderzoeks- en
ontwerpvaardigheden in
natuurwetenschappelijke
vakken en digitale
leeromgeving*

Dr. Serge Hubers

Januari 2004
VO/2167.001/D/04-759



Verantwoording

© 2004 Stichting leerplanontwikkeling (SLO), Enschede

Alle rechten voorbehouden. Mits de bron wordt vermeld is het toegestaan om zonder voorafgaande toestemming van de uitgever deze uitgave geheel of gedeeltelijk te kopiëren dan wel op andere wijze te verveelvoudigen.

Auteur: Dr. Serge Hubers

Projectleider: Drs. Mannus Goris

Secretariaat: Els Teussink

Besteladres

SLO, Stichting Leerplanontwikkeling

Els Teussink

Postbus 2041, 7500 CA Enschede

Telefoon (053) 4840 232

Internet: www.slo.nl

E-mail: e.teussink@slo.nl

Inhoud

Woord vooraf	5
1. Inleiding	7
2. De leerling als probleemeigenaar	9
3. Onderzoeken/ ontwerpen	11
4. De mogelijkheden van ICT	13
5. Doelen van het onderwijs met betrekking tot leren onderzoeken en ontwerpen	15
6. Samenvatting, adviezen en afsluiting	21
Literatuur	23
Bijlage 1	25
Bijlage 2	27

Woord vooraf

Context van de publicatie

Deze publicatie bevat de resultaten van het deelproject 'Leerlijn in onderzoeks- en ontwerpvaardigheden in natuurwetenschappelijke vakken en digitale leeromgeving' van de SLO. Dit deelproject is een onderdeel van een groter innovatieproject met als doel 'het ontwikkelen van materialen aan de hand waarvan docenten en leerlingen zich kunnen oriënteren op eind en startpositie bij de overgangen tussen PO en VO en VO1 en VO2.'

Doel van de publicatie

Het maken van een schets van een leerlijn in onderzoeks- en ontwerpvaardigheden in natuurwetenschappelijke vakken, met daarin een rol voor ICT. De leerlijn begint in het primair onderwijs en loopt door tot in het hoger onderwijs. We hopen dat docenten de schets als een constructieve bijdrage aan de inrichting van hun onderwijs op dit gebied ervaren en bekijken in hoeverre zij in hun onderwijs hierbij kunnen aansluiten. Tevens hopen we dat methode- en leerplanontwikkelaars de schets als een nuttig discussiestuk ervaren om tot verder ontwikkeling en invulling van een leerlijn op dit gebied te komen.

Uitwerking

Er is, zowel in Nederland als in het buitenland, al de nodige kennis opgedaan over onderwijs met betrekking tot onderzoeks- en ontwerpvaardigheden in natuurwetenschappelijke vakken, al dan niet in een digitale leeromgeving. Geprobeerd is door middel van een meeting met experts op het gebied van onderzoeken en ontwerpen (zie bijlage 1) en gesprekken met individuele (vak)didactici, onderwijskundigen en docenten uit zowel het primair als het voortgezet onderwijs zicht te krijgen op deze kennis en de overeenkomsten en verschillen tussen hun meningen en ervaringen. Ook de (met name Angelsaksische) literatuur op dit gebied is behulpzaam geweest bij het in kaart brengen van de opgedane kennis en materialen. Vanuit deze verzameling van kennis is geprobeerd een schets neer te zetten van een leerlijn die richting geeft aan de didactiek van het leren onderzoeken en ontwerpen.

Woord van dank

We willen de mensen bedanken die bereid waren naar de schetsen voor een leerlijn leren onderzoeken en ontwerpen te kijken. Ondanks dat we hen slechts een eerste poging tot een leerlijn konden laten zien, zijn zij in staat gebleken zeer waardevolle op- en aanmerkingen te maken.

Sandy van Berlo, leerkracht aan basisschool t Boschveld te s Hertogenbosch, Ton van der Valk, medewerker van het centrum van Natuurkunde Didactiek van de Universiteit Utrecht en Ruurd Taconis, vakdidacticus natuurkunde en onderzoeker aan de TU/e hebben bijdragen geleverd in de discussie rond de doelen met betrekking tot elementen van onderzoek doen in de natuurwetenschappelijke vakken.

Patrick van Haren (Universiteit Twente) en Cor de Beurs (Amstel Instituut) hebben waardevolle tips gegeven met betrekking tot het leren ontwerpen en het gebruik van ICT daarbij.

Verder willen we alle mensen bedanken die aanwezig waren op de expertbijeenkomst of op een andere manier een bijdrage hebben geleverd.

1. Inleiding

'Inquiry is a state of mind that of inquisitiveness'

De meeste kinderen zijn van nature nieuwsgierig. Vaak stellen zij spontaan vragen over het 'hoe' en 'waarom' van (natuurwetenschappelijke) verschijnselen. Deze aanvankelijke natuurlijke 'onderzoekende houding' wordt in het huidige onderwijs vaak niet gestimuleerd.

In het primair onderwijs zijn leerlingen gewend direct antwoord te krijgen op hun vragen. Dit antwoord wordt hen voorgesteld als de enige waarheid; zij leren daarmee sterk vertrouwen op de kennis van de docent. Te weinig worden ze aangemoedigd zelf te bedenken hoe ze een antwoord op hun vraag zouden kunnen vinden. Zeker in het voortgezet onderwijs zien we, vooral bij oudere leerlingen, vaak weinig meer van hun aanvankelijke nieuwsgierigheid terug: leerlingen zijn vooral bezig met het volgen van aanwijzingen en instructies en zijn lang niet altijd echt geïnteresseerd in het op een hoger plan brengen van hun onderzoeksvaardigheden. Wanneer leerlingen leren in een practicum situatie waarin zij door de docent opgedragen (duidelijk op leren gerichte) handelingen moeten verrichten, richten zij zich vooral op het 'afkrijgen van de taak'. 'Wat wil de docent van mij?' is dan vaak de vraag die voor hen het belangrijkste is, en niet de onderzoeksvraag, die al niet van hen zelf is!

Alle aandacht van de leerlingen gaat naar het leren omgaan met apparatuur en het volgen van instructies. Docenten hebben vaak meer oog voor praktische aspecten dan voor de cognitieve ontwikkeling van hun leerlingen. Er wordt in een dergelijke situatie dan ook weinig tijd besteed aan discussie en reflectie.

Het gebrek aan een duidelijk eigen leerdoel is zeker een probleem wanneer leerlingen gevraagd wordt te onderzoeken of te ontwerpen, want zowel voor de kwaliteit van het product van het onderzoek of de ontwerp opdracht als voor de kwaliteit van het leerproces is het noodzakelijk dat de leerling actief probeert de achterhalen of zijn antwoord op een onderzoeksvraag werkelijk betrouwbaar en valide is en of zijn ontwerp werkelijk het ontwerp is dat het beste voldoet aan de eisen. Om dit te bereiken moet de leerling zich werkelijk betrokken voelen bij het onderzoek of ontwerp: het gaat erom dat een leerling ook echt het antwoord op een vraag wil weten of dat hij ook echt het best mogelijke ontwerp wil maken. Hij of zij moet alleen met het best mogelijke resultaat genoegen willen nemen.

2. De leerling als problemeigenaar

Een situatie waarin dit doel het best bereikt kan worden, is een situatie waarin de leerling zelf mede-eigenaar en/of bedenker van de onderzoeksvraag of ontwerpdracht is. In een dergelijke situatie zal hij/zij zich eerder tijdens en na afloop van het proces afvragen of het resultaat werkelijk zo goed mogelijk is. Leren kan, naast het leren in goed gestructureerde, duidelijk op leren gerichte leeromgevingen ook (of zelfs beter) plaats vinden in alle situaties waarin niet-routinematig gehandeld kan worden. Deze situaties brengen als vanzelf problemen die moeten worden opgelost en nieuwe ervaringen die worden opgedaan met zich mee. Leerlingen zullen de manier waarop zij ontwerpen of onderzoek doen eerder aanpassen omdat ze merken dat een andere manier van werken er daadwerkelijk voor zorgt dat het ontwerpen en onderzoeken hen beter af gaat, dan omdat het hen wordt opgedragen door de docent. Als docent en leerling samen aan problemen werken kan een krachtige leeromgeving ontstaan met onder andere de volgende kenmerken:

- Er ontstaat een soort meester-gezel relatie, waarin de leerling zich verder kan ontwikkelen;
- Vanuit zijn toenemende 'onderzoeks- of ontwerpcompetentie' kan de leerling steeds zelfstandiger kan gaan werken;
- De taken van de leerling en de onderwerpen van onderzoek nemen geleidelijk in complexiteit toe;
- De leerling kan zich bezig houden met authentieke taken en problemen.

In deze situatie is het voor docent ook veel natuurlijker om, aansluitend op onderwijspsychologische inzichten van de afgelopen decennia, als coach en adviseur op te treden, in plaats van enkel als instructeur. Leerlingen leren door mee te kijken, mee te werken en door de coaching van de docent. Voorwaarde hiervoor is wel dat docent de voorbeeldrol van onderzoeker of ontwerper op zich wil en kan nemen. Leerlingen leren kritisch te zijn en (zichzelf) vragen te stellen op een manier die aansluit bij hun kennisniveau.

Een kritische houding en de daarbij behorende vaardigheden (zoals het kunnen stellen van de juiste vragen) hebben bovendien ook waarde voor leerlingen die minder exact georiënteerd zijn. Ze kunnen gezien worden in het kader van meer algemene doelen van het huidige onderwijs, zoals het zelfstandig leren leren. Leerlingen die wel veel interesse op het gebied van de exacte vakken ten toon spreiden, kunnen uiteindelijk deel gaan uitmaken van (worden ingewijd in) een 'community of practice', een gemeenschap met een bepaalde manier van werken, bijvoorbeeld de gemeenschap van onderzoekers in de natuurwetenschappen, waar het verkrijgen van een antwoord op een vraag vaak zal gebeuren met behulp van experiment en ontwerp. Verschillende universiteiten bieden leerlingen de mogelijkheid hun profielwerkstuk gedeeltelijk op hun instelling en met hulp van hun medewerkers uit te voeren. Dit is ~~een~~ van de manieren waarop leerlingen kunnen worden geïntroduceerd in deze 'community of practice'.

Uit het bovenstaande blijkt dat het van belang is dat leerlingen, weliswaar aansluitend op hun eigen niveau, van jongs af aan kritisch en (zichzelf) vragen stellend leren denken. Niet alleen leren zij zo beter hun voorkennis aan een kritische blik te onderwerpen, maar zij leren ook beter wat er komt kijken bij met name het opzetten en afronden van een onderzoek of een ontwerp. Wanneer leerlingen pas later in hun 'schoolcarriere' wordt gevraagd een programma van eisen, een onderzoeksvraag en een onderzoeksplan te bedenken en hun onderzoek of ontwerp te evalueren (in de huidige situatie gebeurt het vaak pas aan het eind van het voortgezet onderwijs), blijken zij hier veel moeite mee te hebben. Zo blijken zij vaak te blijven hangen in het idee dat onderzoeken vooral bestaat uit metingen doen en het uitwerken van deze metingen. Door leerlingen van het begin af aan bij (het maken van) de onderzoeksvraag (of ontwerpopdracht) te betrekken krijgen zij een meer evenwichtig beeld van het belang van de verschillende fasen van onderzoek doen (of ontwerpen).

In de praktijk blijkt van een duidelijke leerlijn 'onderzoek doen' (waarbij onder een leerlijn verstaan: een opzet van het onderwijs waarin de leerling zo min mogelijk overlap, breuken of lacunes in zijn/haar leerproces ervaart) vaak geen sprake te zijn. Veel docenten geven aan dat zij door tijdsgebrek blijven hangen in de zogenaamde kookboekpractica en nauwelijks aan meer open vormen van onderzoek toekomen. Op het moment dat een meer open onderzoek, zoals het profielwerkstuk, meer van leerlingen vraagt zoals het formuleren van het doel en het opstellen van de onderzoeksvraag en de hypothese, blijken leerlingen moeite te hebben met deze activiteiten. Op grond van hun ervaringen met kookboekpractica zijn veel leerlingen van mening dat deze taken (gedeeltelijk) zijn voorbehouden aan de docent.

3. Onderzoeken/ ontwerpen

Technisch ontwerpen was, in ieder geval voor de invoering van de Tweede Fase, voor veel docenten in het voortgezet onderwijs een onbekend verschijnsel. Er bestond bij hen onduidelijkheid over wat technisch ontwerpen inhield en welke meerwaarde het had voor het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken. Meer nog dan bij het onderzoeken was het noodzakelijk dat docenten de mogelijkheid kregen samen te werken met en ondersteuning te ontvangen van ervaren experts. Deze ondersteuning heeft inmiddels in een aantal projecten vorm gekregen. Ook is een aantal opdrachten met betrekking tot het leren ontwerpen ontwikkeld, waardoor de docent niet langer zelf het wiel hoeft uit te vinden. Toch vinden veel docenten het moeilijk het leren ontwerpen een plaats te geven. Mede om deze reden vragen wij ons af of het niet raadzaam is om het leren ontwerpen niet als 'Fremdkörper' te zien, maar het zoveel mogelijk te integreren in een leerlijn leren onderzoeken. Ontwerpen en onderzoeken hebben immers een groot aantal overeenkomsten. Zo zijn beide processen op een gelijksoortige manier in een aantal fasen te verdelen. Zo komen de fasen Oriëntatie, Planning, Uitwerking en Evaluatie bij beide processen sterk naar voren. Ook de doelen met betrekking tot de leeropbrengsten bij leerlingen komen voor een groot gedeelte overeen. Zowel onderwijs in het technisch ontwerpen als onderwijs gericht op het doen van onderzoek heeft onder andere de volgende doelen:

- het bevorderen van het analytisch denken;
- het bevorderen van het samenwerken;
- het bevorderen van nieuwsgierigheid;
- het bevorderen van het vermogen zelfstandig informatie te verzamelen;
- het bevorderen van communicatievaardigheden.

Er zijn echter ook enkele verschillen op te merken, die wel degelijk aanleiding geven voor een aantal specifiek op ontwerpen gerichte leeractiviteiten. Een belangrijk verschil tussen (technisch) ontwerpen en natuurwetenschappelijk onderzoek betreft de uitkomsten van de processen. Bij ontwerpen is de uitkomst een prototype, of 'werkend model', terwijl natuurwetenschappelijk onderzoek vaak resulteert in een verslag. Anders gezegd: bij ontwerpen speelt techniek de hoofdrol, bij onderzoek de wetenschap. Een ander verschil is het feit dat bij ontwerpen meerdere concepten/mogelijke oplossingen worden ontwikkeld waaruit vervolgens de meest relevante optie wordt gekozen. Deze opeenvolging van divergent en convergent denken wordt vaak als kenmerkend voor ontwerpen gezien.

Ondanks de genoemde verschillen is het proces dat bij ontwerpen doorlopen moet worden grotendeels gelijk aan het proces dat bij het onderzoeken doorlopen wordt. Door de vele overeenkomsten tussen (leren) onderzoeken en ontwerpen hebben we geprobeerd beide onderwerpen in één leerlijn samen te brengen. Docenten en leerlingen kunnen vanuit hun eigen expertise en interesse kiezen voor meer nadruk op onderzoeken dan wel op ontwerpen.

4. De mogelijkheden van ICT

Een van de meest gebruikte middelen om leerlingen (met name in het voortgezet onderwijs) te leren onderzoeken is het traditionele practicum. Hoewel deze practica zeker nut kunnen hebben met betrekking tot aspecten als veiligheid en het 'gevoel krijgen voor het werken in een laboratorium', staat een aantal opbrengsten (met name met betrekking tot het bereiken van een beter begrip van natuurwetenschappelijk concepten) al lange tijd ter discussie: leerlingen en docenten zouden teveel bezig zijn met het uitvoeren van vaak triviale experimenten, die een vaststaande (en voor de leerlingen vaak al bekende) uitkomst hebben. Veel docenten gebruiken practicum als illustratie bij of bewijs van de theorie. Wanneer practicum echter voornamelijk wordt gezien als een hulpmiddel bij het ondersteunen van de theorie, worden andere mogelijkheden, bijvoorbeeld op het gebied van het leren van meer algemene vaardigheden en het vergroten van de interesse voor natuurwetenschappelijke en technische studies en beroepen, gemakkelijk over het hoofd gezien.

Het toepassen van ICT kan leerlingen op een aantal manieren helpen meer en andere leeropbrengsten uit practica te verkrijgen, vooral op cognitief en affectief terein:

- I. Het gebruik van ICT kan leerlingen voorzien van en leren omgaan met meer en andere informatie dan in een traditionele practicumomgeving mogelijk is:
 - Door het gebruik van ICT kan allereerst tijd bespaard worden. De computer is behalve als meetinstrument immers zeer nuttig bij het analyseren van gegevens, het ordenen/ in andere vorm brengen gegevens en het modelleren (op dit gebied kunnen we bijvoorbeeld denken aan IP-coach).
 - De computer maakt experimenten mogelijk die anders onpraktisch of zelfs onmogelijk zijn, bijvoorbeeld omdat er gedurende een langere tijd gemeten moet worden, of omdat bepaalde waarnemingen niet of nauwelijks door de leerling zelf gedaan kunnen worden (een leerling is bijvoorbeeld niet in staat een groot aantal metingen binnen zeer korte tijd te uit te voeren, terwijl dit met een computer vaak geen probleem is).
 - De leerling hebben via de computer toegang tot een grote hoeveelheid informatie, bijvoorbeeld in de vorm van internet of cd rom.
- II. Interactief computergebruik kan de docent ondersteunen:
 - Simulatieprogramma's (denk aan Simquest, ontwikkeld aan de Universiteit Twente en Oosterschelde, dat gebruikt wordt aan de Open Universiteit) kunnen leerlingen de gelegenheid geven om onjuiste onderzoeksoptellingen toch 'uit te voeren'. Op deze manier komen leerlingen er op een veilige en niet al teveel tijd kostende methode achter dat hun opzet niet deugde en blijft er tijd over om feedback te krijgen over de reden daarvan.
 - Interactieve informatica biedt de mogelijkheid leerling van automatische feedback te voorzien.
 - Doordat parameters in virtuele practica kunnen worden aangepast, krijgen leerlingen meer inzicht in de relaties tussen de verschillende variabelen. Op deze manier komen zij tot een beter begrip van de achterliggende concepten.

- III. Communicatie met behulp van ICT helpt leerlingen te communiceren, te reflecteren en een attitude te ontwikkelen ten opzichte van op natuurwetenschappen en techniek gerichte studies en beroepen.
- Nieuwe vormen van leren, zoals het samenwerkend leren en het samenwerkend leren kunnen geïmplementeerd worden met behulp van ICT. Ook kan ICT behulpzaam zijn bij het (leren) reflecteren. ICT biedt namelijk een aantal mogelijkheden om leerlingen te laten nadenken over hun eigen redeneringen bij het doen van onderzoek. Het leer- en denkproces van leerlingen kan met behulp van ICT gemakkelijk worden gedocumenteerd, waardoor een leerling kan zien hoe zijn/haar gedachten zich hebben ontwikkeld. Doordat leerlingen op elkaar kunnen reageren worden zij bovendien eerder geprikkeld over hun eigen ideeën na te denken en deze zo nodig bij te stellen. De antwoorden van (groepen) leerlingen op bepaalde vragen of opdrachten van de docent kunnen gemakkelijk gedocumenteerd worden en op deze manier inzicht geven met betrekking tot de vraag of een verdere discussie over het betreffende onderwerp of probleem noodzakelijk is.
 - Met behulp van moderne communicatiemiddelen zoals chatten, e-mail en videoconferencing kunnen leerlingen samenwerken met anderen (klasgenoten, maar ook andere scholen of universiteiten) of kunnen zij meekijken en meedoen met mensen die werkzaam zijn in een natuurwetenschappelijk of technische richting. Hierdoor leren zij betekenis geven aan de rol van natuurwetenschappen en techniek voor hun eigen toekomst.
 - Het gebruik van ICT bij het geven van presentaties (powerpoint, websites) helpt leerlingen bij het (extern) communiceren.

De rol van ICT bij het ontwerpen

Het toepassen van ICT bij het ontwerpen komt grotendeels overeen met het bovenstaande, met name met betrekking tot het leren te communiceren, reflecteren en het ontwikkelen van een attitude ten opzichte van op natuurwetenschappen en techniek gerichte studies en beroepen. ICT kan bij het leren ontwerpen ook worden gebruikt als integraal onderdeel van het ontwerpproces zelf.

Hierbij kunnen we denken aan:

- Het gebruik van ICT als toepassing om te meten en te regelen. ICT wordt gebruikt bij het aansturen van robots, sensoren e.d. om een praktijksituatie (bijvoorbeeld een ophaalbrug) levensecht en realistisch na te bootsen. Alle sensoren die in het echt worden toegepast, kunnen ook door de leerlingen worden gebruikt.
- Het met behulp van ICT toepassingen visualiseren van het ontwerp of delen daarvan (denk aan tekenprogramma's, schema's, computertaal/ flowsheets). Hierbij kunnen we bijvoorbeeld denken aan CAD (Computer Aided Design) programma's, die het mogelijk maken om in 2D of 3D ontwerptekeningen te maken.

5. Doelen van het onderwijs met betrekking tot leren onderzoeken en ontwerpen

De voorgestelde schetsen van een leerlijn zijn eigenlijk als volgt samen te vatten: de lerende begint bij 'onderzoek om eigen vragen voortkomend uit het dagelijks leven te beantwoorden'. Dit thema blijft gedurende de gehele ontwikkeling van de leerling met betrekking tot het leren van onderzoek doen een centrale rol spelen. Daarnaast zal de lerende steeds meer leren over onderzoek doen; de rol van onderzoek bij het tot stand komen van wetenschappelijke kennis.

Naast aandacht voor specifieke natuurwetenschappelijke onderzoeksvaardigheden, zal gedurende de gehele schooltijd van de leerling aandacht moeten worden besteed aan meer algemene vaardigheden zoals Plannen en organiseren, Samenwerken (intern), Communiceren en presenteren (extern) en Reflecteren.

In onderstaande figuren zijn de doelen met betrekking tot het leren onderzoeken en ontwerpen voor de verschillende onderwijsfasen weergegeven. De doelen zijn breed geformuleerd, om de docent de vrijheid te geven naar eigen inzicht een verder detaillering van de genoemde doelen vorm te geven. Hopelijk geven aanleiding tot een debat. De voorbeelden zijn slechts ter illustratie; er zijn door specialisten uit de betreffende onderwijsfasen ongetwijfeld veel meer en betere voorbeelden te bedenken. We spreken bij deze de wens uit dat dit in de nabije toekomst dan ook gebeurt.

Doelen met betrekking tot het leren onderzoeken en ontwerpen worden vaak ingedeeld praktische, cognitieve en affectieve doelen, categorieën die elkaar overigens regelmatig overlappen.

In onderstaande tabellen hebben we geprobeerd de bij voorkeur te behalen leerdoelen met betrekking tot het onderzoeken en het ontwerpen een plaats te geven in de verschillende onderwijsfasen.

Voor elke fase zijn de doelen op dezelfde manier geordend:

1. Cognitieve doelen zoals het aanleren van de natuurwetenschappelijke methode en het stimuleren van een kritische, onderzoekende houding
2. Praktische doelen zoals het leren omgaan met meetinstrumenten en informatiebronnen en het leren werken met ICT.
3. Affectieve doelen. Bij affectieve doelen gaat het om een positievere houding tegenover de natuurwetenschappen en een beter zicht op eigen kunnen, dat wil zeggen doelen met betrekking op zaken zoals interesse, doorzettingsvermogen en een kritische houding. Het didactische uitgangspunt 'de leerling als probleemeigenaar', zien we dan ook met name terug in de affectieve doelen die in elke tabel als laatste zijn geformuleerd.

Aansluitend op het steeds meer in zwang rakende begrip competentie, een begrip waarin de verschillende soorten doelen geïntegreerd zijn, hebben we er voor gekozen de cognitieve, praktische en affectieve doelen niet strikt van elkaar te scheiden en deze termen dan ook niet te gebruiken in de tabellen.

Primair Onderwijs

Doelen met betrekking tot elementen van onderzoek en ontwerpen in de natuurwetenschappelijke vakken	Uitwerking en voorbeelden
Leerlingen leren zelf vragen te stellen over natuurwetenschappelijke verschijnselen, objecten of gebeurtenissen.	Leerlingen leren dat niet op alle vragen een pasklaar/eenduidig antwoord is, maar dat soms 'onderzoek' nodig is. Leerlingen leren dergelijke vragen te bedenken. <i>Groeit een plant in het donker?</i>
Leerlingen leren eenvoudige onderzoekjes te bedenken en uit te voeren.	Leerlingen leren verschijnselen zichtbaar te maken. Leerlingen leren vragen te beantwoorden met behulp van eenvoudige observaties. <i>Bedenk een manier om verdamping zichtbaar te maken.</i>
Leerlingen leren te werken met eenvoudige (meet)instrumenten.	Leerlingen leren vaardigheden zoals het aflezen van en meten met instrumenten en het bedienen van eenvoudige apparatuur. <i>Vergrootglas, lineaal, thermometer, stopwatch</i>
Leerlingen leren omgaan met informatiebronnen.	Leerlingen leren lezen en begrijpen. <i>(mini) informatie-junior, kennisnet, Encarta</i>
Leerlingen leren de basisvaardigheden voor ontwerpen	Leerlingen leren denken in schetsen en tekeningen. <i>Teken hoe een 'opruimrobot' er uit zou moeten zien.</i> Leerlingen halen dingen (apparaten) uit elkaar.
Leerlingen leren te werken in een ICT-rijke leeromgeving	Leerlingen leren (naast de basis van tekstverwerken en internet) omgaan met de computer als hulpmiddel (bij het meten). <i>IP-coach voor het primair onderwijs (ontwikkeld aan het Amstel Instituut)</i>
Leerlingen ontwikkelen een houding waarin zij zelf op zoek gaan naar antwoorden op hun vragen.	Leerlingen verwachten niet altijd een antwoord van de docent, maar gaan zelf op zoek.

Basisvorming

Doelen met betrekking tot elementen van onderzoek en ontwerpen in de natuurwetenschappelijke vakken	Uitwerking en voorbeelden
Leerlingen leren problemen te vertalen in vragen die door natuurwetenschappelijk onderzoek te beantwoorden zijn	Leerlingen leren hun vragen te koppelen aan wetenschappelijke concepten en kwantitatieve relaties. <i>Onderzoek rondom het concept 'snelheid'</i>
Leerlingen leren onderzoekjes op te zetten en uit te voeren.	Leerlingen leren vanuit intuïtief niveau eerlijk meten en vergelijken. Naast observeren wordt meten steeds belangrijker.
Leerlingen leren te werken met (meet)instrumenten die zij in het dagelijks leven niet snel gebruiken, en met wiskundige technieken	Leerlingen leren gebruik te maken van de juiste instrumenten en (wiskundige) technieken. <i>Reageerbuis, voltmeter, microscoop Het maken van tabellen, grafieken</i>
Leerlingen leren omgaan met informatiebronnen	Leerlingen leren kijken naar het onderzoek van anderen, van klasgenoten tot historische voorbeelden. Zij leren hun mening te geven over de kwaliteit van onderzoek.
Leerlingen leren de basis voor ontwerpen aan; leerlingen zoomen in op typerende stappen uit de cyclus van ontwerphandelingen	Leerlingen leren functies af te leiden uit apparaten. Het maken van een programma van eisen.
Leerlingen leren te werken in een ICT-rijke leeromgeving	Leerlingen leren de computer te gebruiken om data te verzamelen en te verwerken en hun resultaten weer te geven
Leerlingen ontwikkelen een idee van wat goed onderzoek inhoudt	Leerlingen ontwikkelen een kritische kijk op het meten in de exacte vakken en vragen zich af 'hoe het beter kan'. Leerlingen krijgen zelfvertrouwen met betrekking tot het zelf verkrijgen van informatie.

Tweede Fase

Doelen met betrekking tot elementen van onderzoek en ontwerpen in de natuurwetenschappelijke vakken	Uitwerking en voorbeelden
Leerlingen leren vragen te vertalen in toetsbare hypotheses die door natuurwetenschappelijk onderzoek te beantwoorden zijn	Leerlingen stellen hypotheses op en gaan zelf opzoek naar de benodigde (voor)kennis over het onderwerp
Leerlingen leren onderzoek op te zetten en uit te voeren.	Leerlingen leren de structuur van een onderzoeks- en/of ontwerpproces. <i>Stappenplannen</i>
Leerlingen leren een keuze te maken uit beschikbare (meet)instrumenten.	Leerlingen leren zelf te kiezen welke methode en welke instrumenten het meest geschikt zijn.
Leerlingen leren omgaan met informatiebronnen	Leerlingen leren zich een beeld te vormen van mogelijke vervolgstudies en beroepen waarin onderzoeken en ontwerpen een rol spelen. <i>Bezoek ziekenhuis, industrie, universiteit</i> Leerlingen leren selecteren. <i>Bekijken (populair) wetenschappelijk tijdschriften en internetbronnen.</i>
Leerlingen leren ontwerpen	Leerlingen leren een probleem omwerken naar een ontwerp opdracht. Zij leren via de hele ontwerpcyclus een ontwerp te maken
Leerlingen leren te werken in een ICT-rijke leeromgeving	Leerlingen leren werken met computersimulaties. <i>'Botsingen', ontwikkeld in SimQuest.</i>
Leerlingen krijgen interesse en gevoel voor onderzoek in realistische situaties buiten hun 'eigen huis en tuin' context.	Leerlingen leren zelf omgaan met mislukkingen tijdens het onderzoeken. <i>De beperkingen van de apparatuur aanwezig op school.</i> Leerlingen kijken of doen mee op een universiteit.

Hoger Onderwijs

Doelen met betrekking tot elementen van onderzoek en ontwerpen in de natuurwetenschappelijke vakken	Uitwerking en voorbeelden
Leerlingen leren vragen te vertalen in toetsbare hypothesen die door natuurwetenschappelijk onderzoek te beantwoorden zijn	Leerlingen passen de structuur van een volledig onderzoeks- en/of ontwerpproces toe.
Leerlingen leren wetenschappelijk onderzoek op te zetten en uit te voeren	Leerlingen leren theorie en methode te kunnen verantwoorden in de wetenschappelijke wereld
Leerlingen leren te werken met 'vakspecifieke' (meet)instrumenten	Leerlingen leren indien nodig eigen meetinstrumenten te ontwikkelen
Leerlingen leren omgaan met informatiebronnen.	<p>Leerlingen leren hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt, leerlingen leren zich te verdiepen in wetenschappelijke literatuur.</p> <p><i>Deelnemen aan wetenschappelijk onderzoek en discussies.</i></p>
Leerlingen leren ontwerpen	Leerlingen leren ontwerpen met betrekking tot toenemend complexe en realistische problemen.
Leerlingen leren te werken in een ICT-rijke leeromgeving	Leerlingen leren communiceren over wetenschappelijk onderzoek.
Leerlingen zijn in staat een eigen positie in te nemen in de wetenschappelijke wereld (universiteit), of kunnen een positie innemen met betrekking tot de rol van wetenschappelijk onderzoek in de praktijk (HBO).	Leerlingen kunnen een afgewogen oordeel vellen over wetenschappelijk onderzoek en geven betekenis aan hun eigen rol als onderzoeker of ontwerper.

6. Samenvatting, adviezen en afsluiting

Samenvatting

Om de kwaliteit van zowel de producten als het leerproces van leerlingen bij het onderzoeken te verbeteren is het noodzakelijk dat de leerling mede-eigenaar van het onderzoeksprobleem wordt. Leerlingen leren het best redeneren als wetenschappers wanneer er sprake is van een meer open onderzoeksomgeving, een omgeving waarin leerlingen de ruimte krijgen zelf hun onderzoeksvragen te formuleren. Wanneer leerlingen op zoek gaan naar de antwoorden op hun eigen vragen, halen zij niet alleen meer voldoening uit het doen van onderzoek, maar zijn zij ook zelf eigenaar van de problemen en mogelijke oplossingen waar zij zich mee bezig houden.

Adviezen met betrekking tot de didactiek van het leren onderzoeken en ontwerpen

Er is behoefte aan voorbeelden van krachtige onderzoeksleeromgevingen, waarin leerlingen en leraren gezamenlijk authentieke vraagstellingen onderzoeken en proberen verklaringen te vinden voor natuurwetenschappelijke fenomenen en/of deze te analyseren. Ook moet er ruimte zijn voor leerlingen om hun ideeën met betrekking tot technische oplossingen voor problemen concreet vorm te geven. Wat betreft de opbouw van een leerlijn onderzoeken en ontwerpen denken we aan een leerlijn die wordt gekenmerkt door toenemende complexiteit, toenemende diversiteit en het principe 'eerst het geheel dan de delen'. Met betrekking tot de wijze waarop de leeractiviteiten van leerlingen didactisch aangestuurd moeten worden pleiten we voor combinaties van een aantal didactische maatregelen, waarvan we hieronder enkele voorbeelden willen geven.

Met vragen als: 'hoe weet je dat?', 'op basis waarvan heb je die beslissing genomen?', 'waarom wil je dat weten', 'waar ben je nou precies naar op zoek' en 'waarom geloof je dat?' kunnen leerlingen aangemoedigd worden hun ideeën uit te spreken. Door discussies te voeren naar aanleiding van deze vragen krijgen zowel de docent als de leerlingen inzicht in mogelijke misconcepties die leven bij leerlingen met betrekking tot de aard van het onderzoeken in de natuurwetenschappelijke vakken en het natuurwetenschappelijke concept dat onderwerp van het onderzoek of ontwerp is. Het ondersteunen van het leerproces van leerlingen en het vervolgens geleidelijk afbouwen van deze ondersteuning, kan gedaan worden door activiteiten waarmee leerlingen hun eigen leer- en onderzoeksproces kunnen sturen expliciet te maken. Het bedenken van meerdere plannen van aanpak, het evalueren van deze plannen met betrekking tot de beschikbare tijd en het in de gaten houden van de voortgang van het proces zijn daarbij taken die eerst aan de leerlingen gedemonstreerd kunnen worden en vervolgens steeds meer aan hen kunnen worden overgelaten.

Afsluiting: hoe nu verder?

Zoals we al eerder hebben aangegeven, is dit produkt niet meer en niet minder dan een eerste schets voor een toekomstige leerlijn onderzoek doen en ontwerpen. Er zijn dus nog een aantal stappen die gezet moeten worden voor we kunnen spreken van een heldere en in de praktijk bruikbare leerlijn onderzoeken en ontwerpen. Voor de volgende stappen die in dit traject gezet moeten worden hebben wij de volgende suggesties:

1. Aan de hand van deze eerste schets voor een leerlijn wordt een (verdere) discussie met methode- en leerplanontwikkelaars op gang gebracht.
2. Aan (groepjes) docenten wordt gevraagd aan te geven in hoeverre zij de schets ervaren als een constructieve bijdrage aan de inrichting van hun onderwijs op dit gebied. Met behulp van docenten worden er materialen en ideeën verzameld die een concretere invulling van de leerlijn in de toekomst mogelijk maken.
3. Docenten, onderzoekers en methode- en leerplanontwikkelaars werken aan een model om hun ervaringen met betrekking tot het onderwijs in het leren onderzoeken en ontwerpen te verzamelen.
4. De doelen van het onderwijs met betrekking tot leren onderzoeken en ontwerpen worden omschreven in termen van competentie(s), met de verschillende competentieniveaus voor verschillende groepen leerlingen.
5. (In het verleden) opgedane kennis over wat mogelijk en haalbaar is met betrekking tot de leeropbrengsten bij leerlingen met betrekking tot hun onderzoeks- en ontwerpcompetentie(s) wordt verzameld en in kaart gebracht.
6. Onderzocht wordt hoe de verschillende componenten van competentie een plaats kunnen krijgen in een omgeving waarin met portfolio's gewerkt wordt.
7. De geschiktheid van onderzoeks- en ontwerpleeromgevingen voor specifieke groepen leerlingen (bijvoorbeeld hoogbegaafden) wordt onderzocht.

Literatuur

- American Association for the Advancement of Science (n.d.) Scientific Inquiry, Afkomstig uit het project 2061, In het bijzonder uit de *Atlas of Science Literacy* (<http://www.project2061.org/tools/atlas/toc.htm>).
- Bransford, J.D., Brown, A.L., & Cocking, R.R. (2000). *How people learn. Brain, mind, experience, and school*. Washington: National Academy Press.
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ebbens, S. (1996). *Effectief leren in de les, basisvaardigheden voor docenten*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Edmondson, K.M., & Novak, J.D. (1993). The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (6), 547-559.
- Genseberger, R., Van der Valk, T., Jambroes, A. & Hummelen, H. (2002). Het profielwerkstuk als afsluiting van de leerlijn onderzoek doen . *29e Proceedings ORD 2002*, Antwerpen.
- Gunstone, R.F., & Champagne, A.B. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Ed.), *The student laboratory and the science curriculum*, London: Routledge.
- Hubers, S.T.T. (2003). *Individuele Leertheorie en het leren onderzoeken in de Tweede Fase*. Academisch Proefschrift, Eindhoven: TU/e.
- Huijs, H. (2000). *Technisch ontwerpen in de bovenbouw van havo en vwo. Suggesties voor een leerplan (SLO)*.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J. & Gunstone, R. (2000) What is the Purpose of this Experiment? Or Can Students Learn Something from Doing Experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 655-675.
- Kirschner, P., & Huisman, W. (1998). Dry laboratories in science education; computer-based practical work. *International Journal of Science Education*, 20 (6), 665-682.
- Kwakman, C.H.E. (1999). *Leren van docenten tijdens de beroepsloopbaan. Studies naar professionaliteit op de werkplek in het voortgezet onderwijs*. Nijmegen: KUN
- Legierse, A. (2002). *Op weg naar een leerlijn onderzoeksvaardigheden voor de vakken nask en biologie (SLO)*.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards, A Guide for Teaching and Learning*.
- Saab, N. & Van Joolingen, W. (2002) *Chatten als ondersteuning van het ontdekkend leerproces. Proceedings ORD 2002*.
- Skills Ladder, New Star Science, Verkregen van <http://www.myprimary.co.uk/schemehome.asp?p=17>
- Smits, Th.J.M. (2003), *Werken aan kwaliteitsverbetering van leerlingonderzoek. Een studie naar de ontwikkeling en het resultaat van een scholing voor docenten*. Academisch proefschrift, Nijmegen: KUN

- Thijs, G.D. & Bosch, G.M. (1995). Cognitive effects of science experiments focusing on students' preconceptions of force: a comparison of demonstrations and small-group practicals. *International Journal of Science Education*, 17 (3), 311-323.
- Tijdschrift voor didactiek der B<a-wetenschappen. (2000). Themanummer over *Leren onderzoeken en Ontwerpen*, 17 (1).
- Van der Waal, S. (2000). Docenten en technisch ontwerpen binnen het profiel Natuur en Techniek. *Tijdschrift voor didactiek der B<a-wetenschappen*, 17 (1), 45-59.
- Veen, W., Lam, I. & Taconis, R. (1998). A virtual workshop as a tool for collaboration: towards a model of telematic learning environments. *Computers Educ.* 30, 31-39.

Bijlage 1

Personen met wie de auteur de opzet van de tabel heeft besproken:

- Ir. Cor de Beurs, Amstel Instituut
- Ir. Patrick van Haren, Universiteit Twente
- Drs. Piet Molenaar, Universiteit van Amsterdam
- Drs. RenØAlmekinders, Universiteit Twente
- Dr. Ruurd Taconis, Technische Universiteit Eindhoven
- Sandy van Berlo, basisschool t Boschveld, s Hertogenbosch
- Dr. Ton van der Valk, Universiteit Utrecht

Bijlage 2

Verslag van de expertmeeting 'Naar schetsen voor een leerlijn onderzoeken en ontwerpen met behulp van ICT' gehouden op dinsdag 13 mei 2003 in Vergadercentrum Vredenburg, Utrecht, door Serge Hubers

1. Deelnemers

- Mannus Goris (SLO, projectleider doorlopende leerlijnen)
- Serge Hubers (SLO/ TULO-Eindhoven: Leerlingbeelden van (leren) onderzoeken)
- Leonie Dierikx (AIO Amstel Instituut: Leren onderzoeken bij eerstejaars chemiestudenten)
- Michiel van Eijck (Amstel Instituut: ICT, kwantitatieve relaties, biologie)
- Herman Schalk (VU: concepts of evidence, biologie)
- Cornelise Vreman (UT/Elan: Leren door ontwerpen (bij MBO-studenten))
- Patrick van Haren (UT/Elan: lerarenopleider; Technisch ontwerpen)
- Cor de Beurs (Techniek 15+ en Amstel Instituut: Coördinator onderwijsontwikkeling)

De bijeenkomst vond plaats in het kader van het SLO-deelproject 'Leerlijn in onderzoeks- en ontwerpvaardigheden in natuurwetenschappelijke vakken en digitale leeromgeving'.

2. Doel van de bijeenkomst

We hopen dat de aanwezige experts vanuit hun eigen expertise aangeven wat volgens hen de belangrijkste uitgangspunten zouden moeten zijn voor het opzetten van een leerlijn onderzoek doen en ontwerpen en de rol van ICT daarin. Het SLO hoopt mede met behulp van de opbrengsten van deze bijeenkomst te komen tot schetsen voor een leerlijn onderzoeken doen en ontwerpen in de exacte vakken, van PO tot HO, met behulp van ICT.

3. Opbouw van de bijeenkomst

- Inleiding Mannus Goris over het project
- Inleiding Serge Hubers, met een korte samenvatting van zijn eigen resultaten, bedoeld als inleiding op de thema's.
- In groepen over de thema's praten, de bevindingen aan elkaar presenteren
- Reactie en discussie
- Eerste indruk van de ideeën uit Engeland en Amerika
- Reactie en discussie
- Afsluiting en borrel

4. Discussie naar aanleiding van de introductie

Na de inleiding van Mannus en van mij ontstond al snel een stevig discussie waarbij onder meer de volgende zaken aan de orde kwamen:

- de eisen die aan leerlingen gesteld worden lijken op het eerste gezicht duidelijk, maar onduidelijk blijft op welk niveau leerlingen (van verschillende schooltypen) de genoemde vaardigheden dienen te beheersen.
- wat is nu precies het doel van onderwijs met betrekking tot onderzoeken en ontwerpen? Moet vooral een beeld geschetst worden van een mogelijke toekomst (vervolgstudie of beroep) waarin onderzoek en/of ontwerpen een grote rol zullen spelen? Of ligt het doel anders wanneer we het nut vooral zien in het aanleren

van cognitieve vaardigheden (op zich al een term die vraagtekens oproept) en wanneer we de mogelijkheid benadrukken dat het op het VO eindonderwijs op dit terrein betreft?

- de term 'onderzoekende houding': wat versta je hier precies onder? En is een dergelijke houding iets waarover iedereen van nature beschikt, of iets dat aangeleerd kan of moet worden?
- het gebruiken van heuristieken om te onderzoeken en/of te ontwerpen. Dwingt het gebruik van een stappenplan leerlingen in een ongewenst (want te rigide) stramien? Of kan een stappenplan een kader bieden van waaruit een leerling zijn vaardigheden verder kan ontwikkelen?
- het te negatieve beeld over de activiteiten rondom het technisch ontwerpen dat volgens de aanwezigen door mij (ondergetekende) in mijn inleiding was geschetst.

5. Verslag van de eerste discussie-ronde

Thema I: uitgangspunten voor een leerlijn onderzoek doen

Wanneer de deelnemers aan de discussie het voor het zeggen zouden hebben, zou er in ieder geval meer ruimte komen voor het onderzoeken en ontwerpen, b.v. door de eindtermen te reduceren. Op deze manier zou ruimte ontstaan om op een constructievere manier om te gaan met 'fouten' van leerlingen. Leerlingen zouden op deze manier zelf kunnen ervaren dat (en waarom!) een bepaalde route die zij hebben gekozen bij het onderzoeken of ontwerpen 'dood loopt'.

De deelnemers waren van mening dat docenten bijgeschoold zouden moeten worden met betrekking tot de didactiek van het onderzoeken en dat docenten zelf meer feeling voor onderzoek doen zouden moeten krijgen.

Verder kwamen er met betrekking tot de invulling van de geopperde invalshoeken de volgende aanbevelingen:

- de docent doet er goed aan voor zichzelf duidelijk te krijgen welk doel hij heeft op het gebied van het leren onderzoeken, wanneer hij leerlingen een proef of praktische opdracht laat doen. De deelnemers vinden het minder noodzakelijk dat dit doel aan leerlingen ook expliciet duidelijk wordt gemaakt.
- leren gebeurt volgens de onderzoekers vooral in de fase waarin gereflecteerd wordt.
- de deelnemers moedigen het aan als leerlingen een 'extra' profielwerkstuk krijgen, waarin de nadruk ligt op het leren en niet op het 'laten zien wat je kan', en/of eerdere gelegenheid om te leren vragen te bedenken. Bij dergelijke oefenopdrachten kan er meer aandacht zijn voor het proces en wat minder voor het product.
- onderzoek zou ook aan bod moeten komen buiten het 'practicum'; bijvoorbeeld door met leerlingen te kijken naar voorbeelden uit de historie. Leerlingen leren kritisch kijken naar onderzoek van anderen. Ze kunnen zien dat onderzoeken, ook in de wetenschap, mensenwerk blijft.

Thema II: ICT bij onderzoek

In reactie op de vraag hoe ICT te gebruiken bij het leren onderzoeken en ontwerpen, kwamen de volgende aandachtspunten naar voren

- Met betrekking tot het gebruik van Internet om informatie te verzamelen is het verstandig een voorselectie te maken
- De computer is niet alleen een meetinstrument maar ook zeer bruikbaar voor:
 - analyse van gegevens
 - gegevens ordenen/ in andere vorm brengen

- modelleren
- samenwerken/ werken in projecten
- expertise raadplegen
- presenteren
- Denk ook aan de virtuele practica, die mogelijkheden geven:
 - interactieve informatica
 - leren onderzoeken
 - theorie ondersteunen
- Ook bij het leren ontwerpen is zeker een rol voor de computer weggelegd

Thema III: Schetsen van een leerlijn ontwerpen

Patrick van Haaren heeft uitgelegd hoe bij Technisch Ontwerpen een leerlijn de basis was voor opdrachten in po, basisvorming en de tweede fase:

Primair Onderwijs

In het po staat het aanleren van basisvaardigheden voor ontwerpen centraal. Leerlingen leren denken in schetsen en tekeningen door bijvoorbeeld een 'opruimrobot' te willen maken. Dat is een verkenning van het 'beelddenken'. Zij leren vervolgens beelden die zij voor die robot krijgen, te koppelen aan functies die dat ding moet hebben. Dat is een verkenning in het functiedenken. Leerlingen worden zo geprikkeld om over de functies die technische voorwerpen hebben na te denken. Ze krijgen ook de vraag voorgelegd varianten voor zo'n technisch produkt te bedenken. Een tweede manier om hen in technisch ontwerpen in te leiden is: dingen uit elkaar halen.

Hulpmiddel is: de site KIDNET.

Basisvorming en derde klas

Aanleren van de basis voor ontwerpen.

De opdrachten zijn 'aanleeropdrachten'. De nadruk ligt op het proces.

In de drie aanleeropdrachten worden de volgende leerhandelingen verricht:

1. omgekeerd ontwerpen: leerlingen leiden functies af uit het apparaat/voorwerp en redeneren terug naar de ontwerpopdracht: waaraan moest het apparaat/voorwerp voldoen?
Duur van de opdracht: 1 uur
2. cyclus-zooming
Leerlingen zoomen in op één of enkele stappen in de cyclus van de ontwerpbehandelingen. Die handelingen worden door hen verricht in een opdracht: bijvoorbeeld het maken van een adequaat programma van eisen.
Duur opdracht: 1 – 2 uur
3. praktische opdracht (derde klas): een product maken
Bijvoorbeeld denken van een suikerbiet naar een suikerfabriek. De opdracht is dan: maak een suikerfabriek in het klein, vervolgens een in het groot.
Duur: 10-15 uur.

Tweede fase

Het ontwerpen. In een groepsopdracht (max. 4 p)

1. vierde klas
De leerlingen ontwikkelen zelf een ontwerpopdracht; gegeven worden: een probleem, een probleemhebber en een rol waarin zij aan die ontwerpopdracht moeten werken (bijvoorbeeld als medewerker van een ingenieursbureau, gespecialiseerd in). Zij moeten dus het probleem omwerken naar een

opdracht. Bijv. een badkamer voor halfzijdig verlamde mensen. Leerlingen doorlopen zo de hele ontwerpcyclus.

2. 5 HAVO 6 VWO

Het profielwerkstuk met een ontwerpopdracht. (max. 2 p.)

Zij halen een probleem uit een bedrijf in de buurt. (bijvoorbeeld een wasstraat voor afwijkend type auto)

Leerlingen zoeken zelf de relevante literatuur/informatie en verwerken de informatie adequaat en maken een ontwerp via de hele ontwerpcyclus.

Leerlingen verwoorden wat deze opdracht voor hen betekent bij hun oriëntatie op studie en beroep.

Deze schets van een leerlijn kan misschien als denkmodel dienen voor het maken van een leerlijn onderzoeksvaardigheden.

6. Verslag van de tweede discussie-ronde

De volgende drie 'leerlijnen onderzoek doen' zijn door de deelnemers aan een snelle inspectie onderworpen:

1. Appendix A, 'fundamental abilities of inquiry' uit: *Inquiry and the National Science Education Standards, A Guide for Teaching and Learning*, National Research Council, ISBN 0-309-06476-7, 2000.

2. Scientific Inquiry

- Evidence and reasoning in inquiry
- Scientific investigations
- Scientific theories
- Avoiding bias in science

Afkomstig uit het project 2061, van de AAAS, American Association for the Advancement of Science. In het bijzonder uit de *Atlas of Science Literacy* (<http://www.project2061.org/tools/atlas/toc.htm>).

3. Skills Ladder, New Star Science,

<http://www.myprimary.co.uk/schemehome.asp?p=17>

Uit de discussie kwam het volgende naar voren:

- De voorbeelden van leerlijnen uit de Angelsaksische hoek werden door de deelnemers te gedetailleerd geacht om in deze vorm door docenten gebruikt te worden. Ze kunnen wel een hulpmiddel zijn voor methode-ontwikkelaars.
- Er werd wel aangegeven wat leerlingen van een bepaalde leeftijd (moeten?) kunnen, maar niet hoe deze doelen bereikt zouden moeten worden.
- De opbrengsten zoals ze werden voorgesteld zijn moeilijk meetbaar; de beschrijvingen van wat leerlingen moeten kunnen zijn hier en daar abstract.

7. Opbrengen en aanknopingspunten voor het verloop van het project

Leren onderzoeken

Er lijkt te zijn overeenstemming over het feit dat een leerlijn leren onderzoeken zodanig van opzet moet zijn dat er, meer dan nu, mogelijkheden komen om naar het onderzoeksproces (zoals dat bij leerlingen en bij onderzoekers verloopt) te (leren) kijken, in plaats van alleen naar het product.

Verder kunnen we concluderen dat er met betrekking tot het leren onderzoeken nog veel discussie is over de doelen die bereikt moeten worden en de precieze invulling van de eisen die aan leerlingen van verschillende leeftijden en niveaus gesteld worden.

Leren ontwerpen

Bij het leren ontwerpen lijkt er te zijn gekozen voor een nadruk op 'beelddenken' en wordt er uitgegaan van een duidelijk omschreven ontwerpcyclus. Er bestaat al schetsen van een leerlijn 'leren ontwerpen'. Deze schets van een leerlijn kan misschien, samen met bestaande 'leerlijnen' van Angelsaksische oorsprong, als denkmodel dienen voor het maken van een leerlijn onderzoeksvaardigheden.

