

# Burgerschapsvorming, duurzaamheid en natuurwetenschappelijk onderwijs

*Dirk Jan Boerwinkel, Wiel Veugelers en Arend Jan Waarlo<sup>1</sup>*

---

Citizenship, sustainability and science education. Since 2005, Dutch schools are required to include citizenship education in their curriculum. Science education can contribute to citizenship education via discussing socio-scientific issues like genetic testing. In this article, the potential of science education for citizenship is analysed by comparing discourses from three different sources: science education, citizenship education and education for sustainable development. These discourses have common elements but offer also different perspectives. Combining these differences generates a set of criteria that can be used for designing content and pedagogy of science education directed to citizenship. These include attention for the way in which scientific knowledge is produced and used by different stakeholders, dealing with risk and uncertainty, value communication and reflection on the personal possibilities to act in society.

---

Sinds 2005 zijn de Nederlandse scholen verplicht in hun onderwijs aandacht te besteden aan 'actief burgerschap en sociale integratie'. Het doel is het ontwikkelen van de 'bereidheid en het vermogen deel uit te maken van de gemeenschap en daar een actieve bijdrage aan te leveren.' (SLO, 2006). Burgerschapsvorming wordt geen apart vak, maar verschillende schoolvakken worden geacht een bijdrage eraan te leveren. In de voorstellen voor burgerschapsvorming is tot dus-

**D.J. Boerwinkel**, dr., Wetenschappelijk medewerker Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht.

**W. Veugelers**, prof., dr., hoogleraar Educatie, Universiteit voor Humanistiek, docent en onderzoeker bij het Instituut voor de Lerarenopleiding van de Universiteit van Amsterdam.

**A.J. Waarlo**, prof., dr., bijzonder hoogleraar Persoonlijke en maatschappelijke oordeelsvorming rond erfelijkheid en gezondheid en universitair docent aan het Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht.

Correspondentieadres: **D.J. Boerwinkel**, Adr: Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Universiteit Utrecht, Princetonplein 5, 3584 CC Utrecht, e-mail: D.J.Boerwinkel@uu.nl.

ver weinig aandacht voor hoe natuurwetenschappelijk onderwijs daaraan kan bijdragen. Dat is voor ons een eerste reden om de verbinding tussen natuurwetenschappelijk onderwijs en burgerschapsvorming nader te onderzoeken. Oordeelkundigheid is een belangrijk aspect van burgerschap (WRR, 1992). Op het gebied van maatschappelijke vraagstukken met een natuurwetenschappelijke component zou natuurwetenschappelijk onderwijs kunnen bijdragen aan deze oordeelkundigheid. Een tweede reden om burgerschapsvorming binnen natuurwetenschappelijk onderwijs uit te werken is dat in vrijwel alle natuurwetenschappelijke vakken in het voortgezet onderwijs vernieuwingen aan de gang zijn waarin de context-conceptbenadering centraal staat. Deze benadering houdt in dat de leerling leert hoe begrippen worden gehanteerd in maatschappelijke praktijken (KNAW, 2003; Commissie Vernieuwing Scheikunde havo en vwo, 2003; Stuurgroep NLT, 2007). Deze aandacht voor maatschappelijke praktijken biedt mogelijkheden voor het leren maken van persoonlijke en maatschappelijke keuzen in situaties die mede door ontwikkelingen in de natuurwetenschappen zijn bepaald. Dergelijke leerdoelen ten aanzien van meningsvorming staan ook in de examenprogramma's van de natuurwetenschappelijke vakken.

In dit artikel willen wij een theoretische verkenning bieden die richtinggevend kan zijn voor de ontwikkeling van burgerschapsvorming in natuurwetenschappelijk onderwijs. Wij gaan daarbij uit van het standpunt dat natuurwetenschappelijk onderwijs mede moet voorbereiden op een actieve en kritische deelname aan de maatschappij. Voor deze verkenning worden drie onderwijsdiscoursen over vermaatschappelijking van het onderwijs besproken die tot dusver weinig verbonden zijn, namelijk vanuit natuurwetenschappelijk onderwijs, vanuit burgerschapsvorming en vanuit onderwijs over duurzaamheid. Vanuit een pedagogisch-didactisch perspectief zal daarbij steeds het waarom, het wat en het hoe van dit onderwijs onderscheiden worden (Bayrhuber & Brinkman, 1999). Daartoe komt aan de orde welke legitimatie men voor dit onderwijs aanvoert, welke leerdoelen worden beschreven en welke aanpak wordt genoemd. Eerst wordt ingegaan op literatuur over burgerschapsvorming.

## **Burgerschapsvorming**

De zorg voor de democratie en het bevorderen van sociale cohesie zijn voor de overheid de legitimatie en motivatie om aandacht te besteden aan burgerschapsvorming. In 'Een basis voor burgerschap' (SLO, 2006) wordt burgerschapsvorming voor het funderend onderwijs beschreven, participatie is daarbij een apart domein. Met participatie wordt deelname aan maatschappelijke activiteiten en maatschappelijke besluitvorming aangeduid. Dat impliceert dat burgerschapsvorming reflectie inhoudt op activiteiten waaraan de leerling daadwerkelijk deelneemt. Daarnaast worden als domeinen 'democratie' en 'identiteit' uitgewerkt. Deze SLO-publicatie besteedt geen expliciete aandacht aan vraagstukken

met een natuurwetenschappelijke component of aan de bijdrage van de afzonderlijke vakken aan burgerschapsvorming.

In een eerdere SLO-publicatie hebben de organisaties voor openbaar, algemeen-bijzonder, katholiek en protestant onderwijs gezamenlijk uitgangspunten geformuleerd voor een vakoverstijgend aanbod 'Sociaal Ethische Oriëntatie' voor de tweede fase van het voortgezet onderwijs. In deze publicatie komen vraagstukken met een natuurwetenschappelijke component wel voor (Friebel e.a., 2001) en wordt als hoofddoel geformuleerd 'leerlingen kunnen deelnemen aan morele communicatie over maatschappelijke vraagstukken in een democratische en levensbeschouwelijke pluriforme samenleving'. Hierbij worden als voorbeelden van dergelijke vraagstukken genoemd, milieuproblematiek, technologische ontwikkelingen zoals gentechnologie en vraagstukken rond leven en dood. Als noodzakelijke elementen voor zo'n morele communicatie worden inhouden genoemd als kennis van grondrechten en inzicht in de betekenis van godsdiensten, maar er worden geen vaardigheden beschreven die te maken hebben met het analyseren van de inhoudelijke kant van het vraagstuk. Dat wordt overgelaten aan de afzonderlijke vakken die allemaal hun bijdrage zouden moeten leveren aan Sociaal Ethische Oriëntatie.

In Engeland vormt burgerschapsvorming al iets langer een verplicht onderdeel van het curriculum. Hierin is naast meningsvorming, het kunnen verplaatsen in andermans standpunt en participatie ook aandacht voor het analyseren van informatie en informatiebronnen. Als doel van 'citizenship education' wordt o.a. geformuleerd: het kritisch vermogen om afwegingen te maken voor een mening wordt gegeven of wordt gehandeld (QCA, 1999). Crick (2001), voorzitter van de commissie die de plannen voor 'citizenship education' heeft uitgewerkt, geeft aan dat docenten burgerschapsvorming en natuurwetenschap moeten samenwerken om doelen van beide leergebieden te bereiken. Er kan bijvoorbeeld een verbinding worden gemaakt tussen natuurwetenschappelijk onderwijs en burgerschapsvorming op het gebied van vaardigheden zoals het gefundeerd maken van afwegingen en onderzoeksvaardigheden. Ook op inhoudelijk gebied zijn verbindingen mogelijk.

Uit bovenstaande publicaties blijkt een hernieuwde aandacht voor maatschappelijke betrokkenheid in het onderwijs. Deze kan deels gezien worden als reactie op de periode in de jaren '90 waarin vooral de individuele ontwikkeling centraal stond. Dat betekent echter niet dat persoonlijke ontwikkeling nu geen rol meer speelt in burgerschapsvorming. In de huidige literatuur over burgerschapsvorming wordt geprobeerd een brug te slaan tussen persoonlijke ontwikkeling en maatschappelijke betrokkenheid.

In burgerschapsvorming kan een onderscheid gemaakt worden tussen typen die verwijzen naar verschillende doelen van burgerschapsvorming. Leenders en Veugelaers (2004) maken een onderscheid in aanpassingsgericht burgerschap, individualistisch burgerschap en kritisch-democratisch burgerschap. In aanpassingsgericht burgerschap gaat het om het aanpassen van de burger aan de nor-

men en waarden van de maatschappij (bijvoorbeeld het volgen van normen en regels), in individualistisch burgerschap gaat het om het verwerven van autonomie, eigen keuzen kunnen maken en verantwoordelijkheid kunnen dragen. In kritisch-democratisch burgerschap staat participatie in maatschappelijke activiteiten en reflectie daarop centraal, en het inhoudelijk verbinden van autonomie en sociale betrokkenheid.

De kritisch-democratische benadering is nader uitgewerkt door Veugelers (2007) en baseert zich op verschillende tradities waarin kenmerkende elementen zijn: kritisch denken, ontwikkeling van morele emoties, dialoog over waarden, actieve participatie met reflectie op het eigen leren en functioneren, empowerment en op vergroting van mogelijkheden voor mensen binnen maatschappelijke structuren. Een vergelijkbare benadering van burgerschapsvorming vinden we onder meer bij Parker (2003), Haste (2004) en Westheimer en Kahne (2003). Ook zij pleiten voor een veranderingsgerichte burgerschapsvorming. De legitimatie voor burgerschapsvorming wordt in deze opvatting niet alleen gezien in de gewenste sociale integratie, maar ook in de persoonlijke en kritische bijdrage aan een verdere maatschappelijke ontwikkeling en een versterking van de democratie. Voor het onderwijs heeft deze invulling van burgerschap als consequentie dat er meer aandacht moet zijn voor de ontwikkeling van een persoonlijke identiteit van waaruit betekenis aan de maatschappelijke ontwikkeling en het persoonlijk leven kan worden gegeven. In dit artikel wordt geredeneerd vanuit een kritisch-democratische burgerschapsopvatting. Wij zijn van mening dat de Nederlandse samenleving het meest gebaat is bij burgers die zowel betrokken als kritisch zijn.

Burgerschapsvorming kan inhoudelijk verschillend worden ingevuld, maar er lijkt een overeenstemming te zijn over vaardigheden als morele argumentatie, dialoogvaardigheden en reflectie, en de school wordt gezien als gemeenschap waar deze vaardigheden geoefend kunnen worden (SLO, 2006; Inspectie van het Onderwijs, 2006). Een vaardigheid die daarbij vaak over het hoofd wordt gezien is tot overeenstemming komen of anders gezegd onderhandelen. Je komt niet automatisch tot consensus door een dialoog over en respect voor elkaars standpunten. Vormgeven aan democratie betekent ook dat er soms moet worden gezocht naar overeenstemming, en ook die vaardigheid hoort in de gewenste reeks.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat burgerschapsvorming enerzijds wordt gelegitimeerd vanuit de sociale integratie, anderzijds vanuit de persoonlijke ontwikkeling om mede richting te geven aan de samenleving. De doelen die bij een dergelijke vorm van burgerschapsvorming passen zijn samen te vatten als het vermogen en de bereidheid tot:

- Participeren in de samenleving en reflectie daarop (hierbij horen ook zaken als kennis van de democratische rechtsstaat e.d.)
- Omgaan met culturele en levensbeschouwelijke verschillen en reflectie op de eigen identiteit

- Morele communicatie
- Autonomie, het behouden of verwerven van controle over het eigen bestaan
- Elkaar ondersteunen, verantwoordelijk voelen
- Vormgeven aan een democratische samenleving

Verschillen in inhoudelijke oriëntatie in burgerschapsvorming hangen samen met de mate van aanpassing, autonomie en sociale betrokkenheid die wordt gewenst en in de definitie van democratie. Om een geëngageerde en inhoudelijk gefundeerde houding in burgerschap te ontwikkelen is een koppeling aan waarden en vakinhouden nodig. Binnen het denken over burgerschapsvorming vinden we een nadruk op morele communicatie en participatie, maar hoe onderwijs in de natuurwetenschappen daaraan kan bijdragen is nog niet duidelijk. We gaan daarom nu in op het denken binnen de didactiek van de natuurwetenschappen.

### Functional scientific literacy

Natuurwetenschappelijke curricula worden mede gelegitimeerd door verwijzing naar het maatschappelijk belang van de discipline. Naast het belang van Nederland als kennisland en het bevorderen van innovatie speelt het belang dat het schoolvak heeft voor de vorming van burgers die voldoende weten om over belangrijke maatschappelijke vragen met een natuurwetenschappelijke achtergrond mee te kunnen beslissen of op zijn minst de discussie te kunnen volgen (zie o.a. KNAW, 2003). De inzichten in de verschillende natuurwetenschappelijke disciplines die een leerling daartoe minimaal zou moeten verwerven worden aangeduid als 'scientific literacy'.

Laugksch (2000) geeft een overzicht van de verschillende invullingen van het begrip 'scientific literacy'. De interpretatie daarvan hangt onder andere af van of het beoogde doel economische vooruitgang, culturele vorming of draagvlak voor wetenschappelijke ontwikkelingen betreft. De interpretatie die bij Laugksch het dichtste bij burgerschapsvorming ligt is die van 'functional scientific literacy'. De term 'functional' geeft aan dat deze vorm van geletterdheid de bezitter in staat stelt de kennis te gebruiken in het maatschappelijk functioneren. Ryder (2002) onderscheidt hierbij situaties waarin de burger wetenschappelijke informatie gebruikt bij keuzeprocessen, vragen stelt aan professionals en de media bijhoudt op het gebied van natuurwetenschappelijke onderwerpen. Als doel van 'functional scientific literacy' noemt Ryder (2002) het in staat stellen van mensen om kritisch om te gaan met wetenschappelijke vraagstukken wanneer deze in hun leven naar voren komen. Het belang van 'functional scientific literacy' ligt enerzijds in een meer geïnformeerde besluitvorming door burgers en door maatschappelijke instellingen. Anderzijds heeft de natuurwetenschap er zelf belang bij, daar deze voor financiering en regelgeving in toenemende mate afhankelijk is van maatschappelijke instellingen en dus van een publiek dat in staat is mede te beslissen over de richting van het onderzoek.

De vraag komt nu aan de orde wat een 'functional scientific literacy' aanpak voor het onderwijs in de natuurwetenschappen betekent. Ratcliffe en Grace (2003) maken daarbij een onderscheid tussen twee typen vraagstukken met een natuurwetenschappelijke component. 'Type A' vraagstukken gaan over de maatschappelijke toepassing van gevestigde kennis. Hierbij staat de wetenschappelijke kennis zelf niet ter discussie, maar spelen wetenschappelijke argumenten wel een rol bij het afwegen van controversiële beslissingen, zoals bijvoorbeeld de gevolgen van het aanleggen van een weg door een natuurgebied. 'Type B' vraagstukken gaan over de implicaties van wetenschappelijke kennis die nog 'in de maak' is. Hierbij staat de wetenschappelijke kennis zelf ter discussie, zoals bij de discussie over de bijdrage van broeikasgassen aan het versterkte broeikas-effect. Onder dit type zijn ook de vraagstukken te rekenen die gaan over de voor- en nadelen van technieken in ontwikkeling zoals 'genomics'.

Ratcliffe en Grace (2003) beschrijven kenmerken van maatschappelijke vraagstukken met een natuurwetenschappelijke component, door hen aangeduid als 'socio-scientific issues'. Dergelijke vraagstukken hebben vaak gemeen dat ze meningsvorming zowel op persoonlijk en/of maatschappelijk vlak betreffen, waarbij waarden en morele argumentatie een rol spelen. Er is vaak sprake van onvolledige of strijdige informatie die ons gefilterd door de media bereikt. In veel gevallen vereisen deze vraagstukken begrip van waarschijnlijkheid en risico.

Uit deze gemeenschappelijke kenmerken kunnen richtlijnen worden afgeleid om leerlingen voor te bereiden op menings- en besluitvorming over deze vraagstukken. Het juist kunnen interpreteren van wetenschappelijke informatie speelt hierbij een belangrijke rol. Onjuist gebruik van wetenschappelijke informatie kan volgens Ryder te maken hebben met te weinig of verkeerd begrip van de 'key concepts' (knowledge *in science*) en/of met te weinig inzicht in hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt en functioneert (knowledge *about science*). Dit houdt in dat onderwijs in de natuurwetenschappen een dubbele rol heeft ten aanzien van burgerschap; enerzijds moet de leerling vakinhoudelijke inzichten zodanig verwerven dat hij/zij deze kan gebruiken bij menings- en besluitvorming, anderzijds moet het onderwijs de leerling leren kritisch naar deze informatie te kijken door inzichten te verwerven over hoe de kennis tot stand is gekomen en gecommuniceerd.

Ratcliffe en Grace wijzen op de korte levensduur van veel 'socio-scientific issues' (Ratcliffe & Grace, 2003). Daardoor zal natuurwetenschappelijk onderwijs steeds andere vraagstukken aan de orde moeten stellen. In het biologieonderwijs van de afgelopen jaren zijn onderwerpen als recombinant DNA, klonen, genetisch gemodificeerd voedsel en stamcellen achtereenvolgens in het nieuws geweest en hebben geleid tot lesmateriaal dat meningsvorming beoogt. Belangrijk is dus dat de leerling naast specifieke kennis over het vraagstuk ook vaardigheden opdoet die op meerdere vraagstukken inzetbaar zijn, waaronder 'knowledge about science', ook wel aangeduid als 'nature of science'. Ryder (2002) en Bakker (2001) noemen hierbij als doelen van 'scientific literacy' dat leerlingen

kunnen analyseren of vanuit gegevens betrouwbare conclusies getrokken kunnen worden en of deze als bewijs kunnen fungeren voor een veronderstelling. Voorbeelden hiervan zijn het belang van een representatieve en voldoende grote steekproef, de mogelijkheid van alternatieve verklaringen en inzicht in de mate van (on)zekerheid en waarschijnlijkheid van de conclusie.

In het natuurwetenschappelijk onderwijs kan aan deze aspecten aandacht worden besteed door bijvoorbeeld mediaberichten of websites kritisch te analyseren, en door analyse van tegenstrijdige opvattingen rond bijvoorbeeld de oorzaak van klimaatveranderingen. Een ander punt dat Ryder noemt gaat over hoe belangen en relaties een rol spelen in de ontwikkeling van kennis. Een voorbeeld hiervan is het octrooieren van genetische codes die door DNA-onderzoek zijn ontrafeld, waarmee bedrijven hun eigen onderzoek achteraf verzilveren, maar verder onderzoek vaak belemmeren (Nuffield Council on Bioethics, 2002).

De interactie tussen wetenschap en maatschappij staat ook centraal in de Science, Technology and Society (STS) benadering. Vooral in de jaren '80 is in natuurwetenschappelijk onderwijs meer aandacht gekomen voor een interdisciplinaire benadering van maatschappelijke vraagstukken, die zou moeten leiden tot een kritisch begrip en geïnformeerde besluitvorming. STS komt soms als apart vak voor, zoals in Nederland het vak Algemene Natuurwetenschappen in het voortgezet onderwijs, maar heeft ook aandacht gekregen in de curricula van afzonderlijke natuurwetenschappelijke vakken. De verbinding tussen wetenschap, techniek en maatschappij houdt in dat er aandacht is voor economische en industriële aspecten, en voor de toepassingen en de maatschappelijke gevolgen daarvan zoals in vraagstukken van wapeniging, milieu en onderontwikkeling (Solomon, 1993, Hodson, 1998). In STS-onderwijs nemen meningsvorming en waardenontwikkeling via discussie over maatschappelijke vraagstukken met een natuurwetenschappelijke component een belangrijke plaats in.

Ook Kolstø (2001) heeft 'nature of science' aspecten geformuleerd die hij van belang vindt voor de 'empowerment' van leerlingen in het omgaan met wetenschappelijke informatie. Hij onderscheidt daarin grotendeels dezelfde aspecten als Ryder, maar signaleert ook dat de leerling moet leren omgaan met uitspraken waarin waarden een rol spelen, bijvoorbeeld als een wetenschapper een normatieve uitspraak doet. Hierbij gaat het niet om het omgaan met eigen waarden, maar wel om het herkennen van onderliggende waarden in een argumentatie. Levinson (2003) wijst eveneens op normatieve aspecten in meningsvorming en besluitvormingaspecten. Hij geeft aan dat meer informatie meestal de besluitvorming moeilijker maakt. Daarom is het een taak van het onderwijs om de onderliggende waarden aan bod te laten komen en factoren die van belang zijn voor een goede morele argumentatie. Levinson (2006) werkt dit verder uit door een schaal te ontwikkelen van controversiële onderwerpen, die varieert tussen controverses die eenvoudig met meer informatie kunnen worden opgelost, tot controverses die voortkomen uit verschillende visies op de wereld.

Bovenstaande beschouwend zien we dat 'functional scientific literacy' geleitimeerd wordt vanuit het belang als burger keuzes te kunnen maken in vraagstukken met een natuurwetenschappelijke component. Als we de leerdoelen die bovenstaande auteurs voor burgerschapsvorming noemen samenvatten komen we aan het volgende overzicht:

- Inzicht van sleutelbegrippen die een rol spelen bij het betreffende vraagstuk
- Inzicht in 'nature of science'; criteria voor betrouwbaarheid en zekerheid, en inzicht in de diverse belangen die de relatie tussen wetenschap, techniek en maatschappij beïnvloeden
- Inzicht in normatieve aspecten zoals analyse van achterliggende waarden en morele argumentatie

De werkvormen die bij deze leerdoelen genoemd worden komen doorgaans neer op de behandeling van en discussie over een case waarin een moreel dilemma is gegeven. De leerlingen worden uitgenodigd om daarbij standpunten te beargumenteren en ook andermans standpunten en argumenten te onderzoeken en te verwoorden (Levinson, 2003). Een effectieve manier om leerlingen daarover aan het denken te zetten is het bespreken van een film waarin de hoofdpersonen op verschillende wijze met deze keuzevraagstukken te maken krijgen en de vraag aan de orde te stellen hoe je zelf gereageerd zou hebben (Waarlo, 1998). Door bovenstaande auteurs worden maatschappelijke problematiek en discussie wel genoemd als belangrijk thema, maar doorgaans wordt noch aandacht besteed aan de morele vorming van de leerling zelf, noch aan actieve participatie. Kort gezegd ligt bij het leerdoel 'enabling to engage' in deze literatuur de nadruk meer op het 'enabling' dan op het 'to engage': dus vooral op het ontwikkelen van inzichten en vaardigheden en minder op het ontwikkelen van betrokkenheid.

### **Kritisch democratisch burgerschap versus 'functional scientific literacy'**

We hebben aangegeven hoe het begrip burgerschapsvorming geoperationaaliseerd kan worden ten dienste van natuurwetenschappelijk onderwijs en we hebben kenmerken van 'scientific literacy' aangegeven. Beide perspectieven overlappen voor een klein deel. Dat het onderkennen van waarden en het gebruiken hiervan in een morele argumentatie belangrijk is, is in beide typen benaderingen te vinden. Voor een groot deel verschillen echter de accenten die vanuit beide typen literatuur worden genoemd. Een aspect dat in 'scientific literacy' een belangrijke rol speelt en niet genoemd wordt in literatuur over burgerschapsvorming is het aspect 'nature of science', in de zin van inzicht in hoe wetenschappelijke kennis tot stand komt en functioneert. Andersom wordt in 'scientific literacy' literatuur participatie en persoonlijke morele ontwikkeling niet geïmplementeerd.



We gaan verder met een analyse van onderwijs over duurzaamheid. De reden om hier apart naar te kijken is dat onderwijs over duurzaamheid de omgang van de maatschappij met en de afhankelijkheid van de materiele omgeving betreft, en dat in de ontwikkeling van dit onderwijs dus zowel de maatschappelijke als de natuurwetenschappelijke component moeten worden uitgewerkt. Het is te verwachten dat in deze onderwijsvisie de verbinding tussen burgerschap en natuurwetenschap vollediger is gelegd dan in de hiervoor besproken benaderingen.

## Leren voor duurzame ontwikkeling

Duurzaamheid als leergebied is uitgewerkt in een publicatie in opdracht van de interdepartementale Stuurgroep Extra Impuls Natuur- en Milieueducatie (Lijmbach, Broens en Hovinga, 2000). De opdracht was onderzoek naar onderwijs dat moet leiden naar een duurzame(re) samenleving. Hiermee lijkt de legitimatie (een duurzamer samenleving) tevoren al duidelijk gegeven. Lijmbach en collega's hebben gekozen voor een pedagogische legitimatie van natuur- en milieueducatie, in plaats van een meer instrumentele legitimatie vanuit milieubehoud of van het creëren van een politiek draagvlak voor milieubesparende maatregelen. Een pedagogische legitimatie van onderwijs over duurzaamheid houdt in dat dit onderwijs moet leiden tot het vormen van onafhankelijk denkende burgers die een betekenisvolle bijdrage aan een levende democratie kunnen leveren (Margadant, 2001). Over de legitimatie van duurzaamheidsonderwijs kan dus verschillend worden gedacht. In het volgende gedeelte concentreren we ons op de bespreking van de publicatie 'duurzaamheid als leergebied' (Lijmbach e.a., 2000). Hierbij zal nagegaan worden welke specifieke invulling daarin gegeven wordt aan aspecten van burgerschapsvorming die hiervoor zijn genoemd. Opvallend is dat de literatuur over leren voor duurzame ontwikkeling ofwel tamelijk abstract is of zeer concreet, zoals in de uitwerking van duurzaamheid als leergebied. In de bespreking van leren voor duurzame ontwikkeling zullen wij proberen de meer abstracte noties te verbinden met de concrete voorstellen.

In de uitwerking van duurzaamheid als leergebied is onder andere uitgegaan van de opvattingen van Giddens en Beck. Beide auteurs beschrijven een veranderde rol van natuurwetenschap in de maatschappelijke besluitvorming, waarbij wetenschap geen eenduidige antwoorden meer biedt op maatschappelijke vragen. Giddens (1991) geeft als oorzaak de veelheid aan informatie waarin geselecteerd moet worden die het onmogelijk maakt eenduidigheid te krijgen. Beck (1992) legt de oorzaak bij de onzekerheid in de wetenschappelijke kennis zelf, waardoor de wetenschap vaak onvoldoende informatie biedt om besluiten op te kunnen baseren. Een ander aspect van de samenleving dat door Giddens en Beck wordt genoemd is dat bepaalde vraagstukken niet op de maatschappelijke agenda komen doordat sociale instituties hun eigen interne aanpassingen maken op basis van wetenschappelijke informatie, en de niet-

wetenschappelijke argumenten alleen terugkomen in persoonlijke keuzes. Zo kunnen bijvoorbeeld bedrijven en overheidsinstellingen bij de productie van voedsel zich houden aan richtlijnen op grond van wetenschappelijke onderzoeksresultaten, en wordt aan de individuele consument overgelaten of hij/zij bereid is meer geld neer te tellen voor scharrelvlees of te zoeken naar voedsel dat bereid is uit niet-genetische gemodificeerde organismen. Voor een publieke discussie over de achterliggende waarden is geen forum. Het gaat hier om een specifieke visie op de 'nature of science' die gecombineerd wordt met een visie op de 'nature of society'. De nadruk ligt hierbij niet zozeer op inzicht in hoe de wetenschap tot kennis komt, maar op hoe wetenschappelijke en niet-wetenschappelijke argumenten in besluitvorming een rol spelen. Beck (1992) spreekt hierbij van de 'risicosamenleving', waarbij wetenschap en techniek risico's niet kunnen uitbannen en zelfs risico's veroorzaken. Belangrijke vragen zijn dan wie bepaalt wat gevaarlijk is, wie er risico lopen etc. Omgaan met deze onzekerheden betekent dat er geen beste oplossing bestaat en dat over verschillende standpunten een maatschappelijke discussie en maatschappelijke experimenten nodig zijn. Deze benadering is niet beperkt tot discussies over duurzaamheid, maar betreft ook vraagstukken over medische biotechnologie zoals voorspellende geneeskunde (Horstman, De Vries en Haveman, 1999).

In de publicatie 'Duurzaamheid als leergebied' (Lijmbach e.a., 2000) zijn de ideeën over maatschappelijke discussie binnen de risicosamenleving uitgewerkt naar het onderwijs. Hierbij is leren voor duurzaamheid gebaseerd op het begrip 'levenspolitieke vorming' van Jansen (1994). Levenspolitieke vorming dient de bevordering van publieke discussie over ethische principes. Levenspolitieke vorming houdt onder andere in dat je door deelname aan maatschappelijke instellingen medeverantwoordelijk bent voor wat deze instellingen doen, ook als het niet eenvoudig is om daarop invloed uit te oefenen. Deze verantwoordelijkheid betekent dat je moet nadenken over de gevolgen daarvan voor je praktisch handelen. Levenspolitiek is daarmee de schakel tussen persoonlijke en maatschappelijke verantwoordelijkheid, waarbij uitgegaan wordt van het idee dat in principe 'alles anders kan'. Over de vraag hoe de huidige situatie zou kunnen veranderen, kunnen veel verschillende meningen zijn. De omgang met deze verschillen is dan weer een belangrijk aspect van levenspolitieke vorming. Dit past bij de visie dat er geen beste oplossing is, maar dat je daar het dichtste bij komt door discussie. In dit verband wordt de term 'sociaal leren' geïntroduceerd, wat inhoudt dat er een balans wordt gezocht tussen discussie, actie en reflectie, en tussen de standpunten van individu, groep en buitenwereld.

Voor het begrip duurzaamheid betekent dit dat er een verbinding gelegd moet worden tussen het persoonlijke en het politieke, wat onder andere inhoudt dat angstgevoelens niet worden weggeredeneerd met een beroep op de wetenschap of de statistiek, maar serieus worden genomen. Tevens betekent dit dat meerdere visies op duurzaamheid in het onderwijs aan bod moeten komen. Margadant (2001) is van mening dat juist de veelheid van interpretaties uitgangspunt moet zijn van onderwijs (meerperspectivisch onderwijs). In leer-

boeken is hiervan doorgaans weinig terug te vinden, wat volgens haar een vertekend beeld oplevert van de problematiek.

Om persoonlijke en maatschappelijke verantwoordelijkheid met elkaar te kunnen verbinden, is inzicht nodig in wat duurzaamheid voor verschillende groepen voor betekenis heeft. Dat kan worden gedaan door het begrip leefbaarheid centraal te stellen. Leefbaarheid heeft te maken met het vervullen van fundamentele verlangens en behoeften zoals veiligheid en gezondheid, en is dus breder en persoonlijker dan duurzaam gebruik van hulpbronnen. Door ook leefbaarheid voor anderen elders en later daarbij te betrekken komt duurzaamheid ter sprake, en is dan niet beperkt tot ecologische duurzaamheid. Dit leidt tot het volgende voorstel voor leerdoelen (Lijmbach, 2000):

- verwerven van basiskennis over ecologie, maatschappij en de relatie daartussen
- reflectie op duurzame leefbaarheid, de principes die achter het handelen zitten
- respect voor pluralisme; begrip krijgen voor verschillen in belangen, visies, morele dilemma's
- zorgzaam handelen; zicht geven op hoe je principes in handelen kunt vertalen

De aanpak van onderwijs over duurzaamheid houdt in dat de leerling zo direct mogelijk wordt geconfronteerd met situaties waarin duurzaamheid een rol speelt, en daar ook in participeert. De participatie is hier zowel middel als doel; via participatie krijgt de leerling zicht op handelingsperspectieven en op de morele en praktische kanten daarvan. Anderzijds is het zorgzaam handelen zelf ook een doel van leren voor duurzaamheid.

Een ander belangrijk element van duurzaamheid is de discussie over criteria voor leefbaarheid. Hierbij wordt 'sociale verbeelding', het kunnen schetsen van een toekomstbeeld, genoemd als een van de methoden. Hierbij gaat het niet om dromerige toekomstbeelden, maar juist ook het doorrekenen en expliciet en openbaar maken van gevolgen van diverse maatregelen.

## Leren voor duurzaamheid en burgerschapsvorming

Levert de geschetste visie op leren voor duurzaamheid nieuwe ideeën over natuurwetenschappelijk onderwijs dat burgerschapsvorming beoogt? Een aantal punten kan worden genoemd als aanvulling op wat eerder aan de orde is geweest:

- 1 De *legitimatatie*: er is een spanningsveld tussen een instrumentele legitimatie en een pedagogische legitimatie. Bijvoorbeeld kunnen instrumentele doelen van de opdrachtgever een rol spelen zoals het creëren van maatschappelijk draagvlak. Deze doelen verschillen van pedagogische doelen die geen specifieke inhoudelijke keuze willen voorschrijven maar de oordeelkundigheid van leerlingen willen vergroten.

- 2 De *inhoud*: de hierboven beschreven visie op leren voor duurzaamheid gaat uit van een bepaalde relatie tussen wetenschap, individu en maatschappij. Wetenschap heeft daarin een bescheidener rol dan in de literatuur over 'scientific literacy'. Tevens houdt deze visie in dat maatschappelijke structuren en processen in principe veranderbaar zijn, dat je daar als individu medeverantwoordelijk voor bent, en dat persoonlijke ervaringen en belevingen in de publieke discussie thuishoren. De keuze voor leefbaarheid als centraal begrip in leren voor duurzaamheid is daarvan een gevolg. Hieruit kan inspiratie worden ontleend voor de inhoud en doelen van burgerschapsvorming. Dat het omgaan met risico's zowel persoonlijke als maatschappelijke componenten heeft, en dat in deze discussie niet alleen wetenschappelijke argumenten spelen is duidelijk in de discussies rond prenatale diagnostiek, genetisch gemodificeerd voedsel, stamcellen, etc. (Horstman e.a., 1999). Behandeling van dergelijke vraagstukken zou zich dan ook niet moeten beperken tot wat het betekent voor de persoonlijke oordeelsvorming, maar zou ook erop moeten wijzen dat deze persoonlijke oordelen onderdeel zijn van een maatschappelijke discussie.
- 3 De *aanpak*: evenals bij kritisch democratisch burgerschap ligt bij de hierboven beschreven visie op leren voor duurzaamheid de nadruk op actieve participatie, als doel van het onderwijs en als middel om via reflectie daarover te leren. Daarnaast is ook een gerichtheid op de toekomst nodig, dus nog niet op ervaringen gebaseerd, maar wel op 'sociale verbeelding'. Mogelijke bronnen hierbij zijn literatuur, films en drama waarin een bepaalde lijn in de ontwikkeling van een vraagstuk zoals de mate waarin we het genetisch materiaal van ons nageslacht kunnen beïnvloeden wordt doorgetrokken in de toekomst. Hierbij kunnen de fictieve ervaringen van de betrokkenen de leerling helpen om in te zien dat besluiten nu gevolgen kunnen hebben voor het leven later. Sociale verbeelding lijkt een aanpak die met name geschikt is om leerlingen te laten nadenken over toepassingen van natuurwetenschappelijke kennis die nu nog niet actueel zijn, maar wel potentieel. Een voorbeeld van materiaal dat voor dit doel is ontwikkeld is het project 'genetic futures', waarvoor toneelstukken zijn geschreven, uitgevoerd en beschikbaar via internet<sup>1</sup>. Het werken met toekomstscenario's sluit ook aan op de praktijk van het onderzoek naar maatschappelijke gevolgen van technologische ontwikkelingen (Kruijff & Schroeder, 1999).

## Natuurwetenschappelijk onderwijs en burgerschapsvorming

Terugkerend naar de vraag die ten grondslag ligt aan dit artikel zullen we eerst de drie verschillende invalshoeken vergelijken. Vervolgens gaan we na in hoe-

1 [www.geneticfutures.com](http://www.geneticfutures.com)

verre deze perspectieven te combineren zijn. Tenslotte zal in hoofdlijnen worden aangegeven wat de mogelijkheden zijn om binnen natuurwetenschappelijk onderwijs bij te dragen aan burgerschapsvorming.

Hoewel de drie invalshoeken verschillen in accent is er overeenstemming in het willen toerusten van de leerling op het gebied van menings- en besluitvorming nu en later. Kijkend naar de legitimaties, dan zien we dat daarbij soms een spanning is tussen de wensen van de overheid en de pedagogische uitgangspunten. Die spanning zou zich kunnen vertalen in een wens van de overheid of andere opdrachtgevers voor een meer aanpassingsgericht burgerschap versus een kritisch democratisch burgerschap. Bij de legitimaties wordt zowel maatschappelijke als persoonlijke ontwikkeling genoemd, waarbij de persoonlijke ontwikkeling gezien wordt als voorwaarde voor maatschappelijke ontwikkeling. Dit houdt in dat een bijdrage vanuit natuurwetenschappelijk onderwijs aan burgerschapsvorming moet inhaken op eerdere of parallelle onderwijsactiviteiten die de persoonlijke ontwikkeling betreffen.

De vaardigheden en houdingen die genoemd worden vereisen veel van de leerling, en daarmee ook van de docent. In feite houden de vaardigheden in dat de leerling zowel het eigen handelen en de motieven ter discussie stelt, als de natuurwetenschappelijke informatie die hem of haar vanuit diverse bronnen bereikt. Dit vereist een groot vermogen om met onzekerheid te leven.

Op het gebied van werkvormen komen drie benaderingen naar voren die elk belangrijk zijn om de leerling toe te rusten op burgerschap; participatie, analyse en verbeelding.

Een burgerschapsvorming die leerlingen niet alleen toerust tot oordelen, maar ook tot handelen, combineert doelen en werkwijzen die in de drie onderscheiden benaderingen zijn uitgewerkt. De kritische analyse van informatie die in 'functional scientific literacy' centraal staat, is noodzakelijk maar doorgaans niet voldoende voor oordelen en handelen. Een hulp bij de oordeelsvorming kan het werken met toekomstscenario's zijn, dat in leren voor duurzaamheid is uitgewerkt. Voor oordeelsvorming zijn verder burgerschapsvaardigheden nodig zoals morele argumentatie, dialoogvaardigheden en het naast elkaar kunnen zetten van verschillende perspectieven. Uiteindelijk willen we dat deze oordeelsvorming leidend is bij besluitvorming en handelen. Bij burgerschapsvorming in relatie tot vraagstukken met een natuurwetenschappelijke component zal eigen handelen door de leerling niet altijd binnen schoolverband mogelijk zijn. Bij vraagstukken rond duurzaamheid kan de leerling vaak wel door eigen handelen een rol spelen, bij vraagstukken rond het omgaan met erfelijk materiaal vaak niet. Toch dient het handelingsperspectief wel betrokken te worden in het onderwijs, zodat de leerling toegerust is voor situaties waarin later wel handelingen mogelijk zijn. Dit houdt in dat de leerling zicht heeft op hoe in de maatschappij besluitvorming over deze zaken plaatsvindt. Maatschappelijke besluitvorming is in alle drie de benaderingen uitgewerkt, maar met verschillende accenten. Bij burgerschapsvorming ligt het accent op de eigen maatschappelijke participatie en de reflectie daarop, leren voor duurzaamheid voegt daar het

mondiale aspect aan toe en het omgaan met meerdere visies, en bij 'functional scientific literacy' is de wisselwerking tussen wetenschap en maatschappij een van de centrale thema's.

Teruggaand naar de centrale vraag van dit artikel vatten we nu samen op welke wijze natuurwetenschappelijk onderwijs zou kunnen bijdragen aan burgerschapsvorming. De combinatie van de drie benaderingswijzen leidt tot de formulering van een drietal competenties voor burgerschap die deels op elkaar voortbouwen.

- 1 *informatie kritisch kunnen verzamelen en analyseren*
- 2 *komen tot geïnformeerde menings- en besluitvorming*
- 3 *handelen op basis van mening en besluit*

Bij de eerste competentie kunnen de volgende doelen van burgerschapsvorming worden uitgewerkt, gebaseerd op eerder in dit artikel genoemde doelen:

1. *Informatie kritisch verzamelen en analyseren*
  - 1.1 Toepassen van relevante natuurwetenschappelijke begrippen
    - Vragen stellen aan professionals en andere informatiebronnen
  - 1.2 Kritisch interpreteren van informatiebronnen
    - Analyseren "wie zegt wat, voor welk publiek en waarom"
    - Analyseren van de betrouwbaarheid en de bewijsvoering
    - Risico-informatie interpreteren
  - 1.3 Aangeven hoe wetenschap, techniek en maatschappij elkaar beïnvloeden
    - Aangeven welke partijen met welke belangen en welke invloed betrokken zijn
    - Toekomstscenario's kunnen uitdenken en interpreteren

De houding die bij deze doelen past is een combinatie van scepsis en nieuwsgierigheid. Burgerschapsvorming zou moeten leiden tot het actief zoeken van informatie, met het besef dat bij keuze en weergave van gegevens altijd belangen meespelen. De burger wordt niet alleen geacht op de hoogte te zijn, maar ook de kennis te kunnen inzetten bij menings- en besluitvorming van zichzelf en anderen. Waar het gaat om maatschappelijke vragen houdt dit ook in dat de burger moet kunnen deelnemen aan een dialoog. Voor deze zaken is de eerste competentie een voorwaarde, maar er is meer nodig. Voor meningen en besluiten moeten zaken worden afgewogen, maar deze zijn vaak ongelijksoortig en onzeker. De burger zal dus enerzijds moeten analyseren welke informatie en welke waarden in het geding zijn, en risico-informatie kunnen hanteren. Daarbij kan er sprake zijn van het bediscussiëren van verschillende scenario's in het kader van de besluitvorming. Bij het eigenlijke debat zal de burger in discussie met anderen zowel de eigen argumentatie als die van anderen moeten kunnen verwoorden. De competentie 'geïnformeerde menings- en besluitvorming' leidt hiermee tot de volgende leerdoelen voor burgerschapsvorming.

## 2. *Geïnformeerde menings- en besluitvorming*

- 2.1 Reflectie op eigen waarden en oordeelsvorming
- 2.2 Omgaan met onzekerheid en risico-informatie
- 2.3 Waardencommunicatie
- 2.4 Dialoogbekwaamheid

Eerder is al aangegeven dat het hier zowel om persoonlijke als om maatschappelijke oordeelsvorming gaat. Enerzijds is het van belang te realiseren dat persoonlijke vragen deel uitmaken van een maatschappelijke discussie (bijvoorbeeld de persoonlijke kwestie van het wensen van een gezond kind en de maatschappelijke discussie over genetische diagnostiek). Anderzijds spelen in maatschappelijke oordeelsvorming evenzeer persoonlijke waarden een rol, zelfs al ben je niet persoonlijk betrokken bij de kwestie. In het onderwijs is het dus van belang om zowel de persoonlijke oordeelsvorming en de reflectie daarop een plaats te geven als naar vormen te zoeken die de maatschappelijke discussie binnen bereik brengen.

De houding die hierbij gewenst is, is die van openstaan voor meerdere opvattingen, meerdere scenario's, onzekere uitkomsten. Dit moet echter niet leiden tot besluiteloosheid. Met het vormen van een mening of nemen van een besluit is de burger namelijk nog niet klaar. In veel gevallen zal actie nodig zijn om dit besluit ook te verwezenlijken of om de mening te laten meetellen. Daartoe moet men de weg weten in maatschappelijke instellingen, een strategie kunnen opstellen en kunnen reflecteren op het eigen handelen. De volgende doelen voor burgerschap zijn daaraan te koppelen:

## 3. *Handelen op basis van mening en besluit*

- 3.1 Benoemen van relevante maatschappelijke structuren
- 3.2 Formuleren van handelingsperspectieven
- 3.3 Anderen ondersteunen in besluitvorming en handelen
- 3.4 Reflecteren op eigen maatschappelijk handelen

De houding die met deze competentie verbonden is, is die van betrokkenheid. Je bent niet alleen verantwoordelijk voor je eigen welzijn, maar ook voor dat van anderen. Die verantwoordelijkheid is niet beperkt tot je eigen doen en laten, maar houdt ook een medeverantwoordelijkheid in voor het doen en laten van maatschappelijke instellingen. In het onderwijs moeten handelingsperspectieven ter sprake komen, ook al zullen concrete handelingsperspectieven voor de leerling lang niet altijd aanwezig zijn.

## **Mogelijkheden voor realisatie**

Ter illustratie van wat burgerschapsvorming in natuurwetenschappelijk onderwijs zou kunnen inhouden kan het voorbeeld gegeven worden van het project van 'de reizende DNA-labs', waar leerlingen in de bovenbouw havo en vwo geïntroduceerd worden op nieuwe technieken in het DNA-onderzoek en op

de vraagstukken die deze oproepen (van Mil, 2007). Momenteel wordt gewerkt aan lesmateriaal waarbij het onderwerp genetische testen een belangrijke rol zal spelen. Dit materiaal is specifiek bedoeld om leerlingen toe te rusten op persoonlijke en maatschappelijke vragen in situaties waarin genetisch onderzoek een rol speelt. In deze lessen zal aandacht worden besteed aan de volgende vragen, die verbonden kunnen worden met de hierboven beschreven leerdoelen:

- Wat wordt er precies bepaald in een genetische test? (leerdoel 1.1)
- Welke informatie staat op de website van de firma die de test aanbiedt? (leerdoel 1.3)
- Wat voor soort uitslagen kunnen uit een genetische test komen en helpt dit soort informatie je bij beslissingen? (leerdoel 1.2 en 2.2)
- Waarom zou je wel of niet zo'n test laten doen? (leerdoel 2.1, 2.3, 2.4)
- Mogen werkgevers dit soort testen verplichten? (leerdoel 1.3, 3.1)
- Welke instanties zijn voor dit soort zaken verantwoordelijk? (leerdoel 3.1)
- Wat zouden deze instanties moeten doen en wat kun je zelf doen? (leerdoel 3.2)
- Welke kant zou het uit kunnen gaan met dit soort testen? (leerdoel 1.3)

Er zijn kanttekeningen te plaatsen bij de haalbaarheid van de doelen die hier zijn geformuleerd. Het zijn ambitieuze doelen, waarbij de gewenste houdingen niet eenvoudig aansluiten bij de leeftijdsgroep waarin het voortgezet onderwijs geacht wordt aan deze doelen te werken. Bovendien kan een kritische opstelling ten opzichte van wetenschappelijke informatie leiden tot een houding dat het allemaal niet uitmaakt omdat de deskundigen zelf het niet eens zijn. Het leren onderbouwen van je eigen argumentatie wordt niet vereenvoudigd door tegelijkertijd andermans argumentatie op waarde te moeten schatten. Maatschappelijke actie vereist vaak een lange adem die zich moeilijk verenigt met de planning op school.

Een ander punt is dat onderwijsprogramma's van natuurwetenschappelijke vakken al overladen zijn en er weinig bereidheid bij docenten bestaat de schaarse tijd vrij te maken voor zaken die niet rechtstreeks het verwerven van nieuwe begrippen betreffen. Daar staat tegenover dat in de natuurwetenschappelijke vakken vernieuwingen zijn ingezet die als gemeenschappelijk element hebben dat leerlingen begrippen en relaties binnen een of meer contexten aanleren. Dit kunnen contexten zijn uit de leefwereld, uit de beroepspraktijk of uit de onderzoekspraktijk. Bij de behandeling van contexten zoals genetische diagnostiek zullen bij de leerlingen vragen rijzen die met persoonlijke en maatschappelijke besluitvorming te maken hebben. Bovendien is aandacht voor deze zaken als leerdoel opgenomen in de natuurwetenschappelijke vakken en vooral in het vak Algemene Natuurwetenschappen.

De realisering van deze doelen kan verder worden bevorderd door horizontale en verticale afstemming in het curriculum. Met horizontale afstemming wordt samenwerking bedoeld tussen de afzonderlijke vakken waar de leerling tegelijkertijd onderwijs in volgt, te weten natuurwetenschappelijke vakken, ANW, maatschappijleer en andere. Met verticale afstemming wordt het creëren



van leerlijnen binnen vakgebieden bedoeld, waardoor leerlingen in de loop van hun schoolloopbaan geleidelijk dieper ingevoerd raken in kennis en vaardigheden die te maken hebben met burgerschap. Wil natuurwetenschappelijk onderwijs wezenlijk bijdragen aan burgerschapsvorming, dan zullen de betreffende docenten ook buiten hun vak moeten durven treden om met de leerlingen en collega's van andere vakken maatschappelijke vraagstukken in al hun facetten te onderzoeken. Vragen over gezondheid en duurzaamheid vereisen burgers die in hun onderwijs geleerd hebben de natuurwetenschappelijke discussie te koppelen aan de maatschappelijke discussie.

## Literatuur

- Bakker, S. (2001). Mathematical and scientific literacy in PISA: the OECD programma for international student assessment. In: de Jong, O., Savelsbergh, E.R.& Alblas, A. *Teaching for scientific literacy. Context, Competency, and curriculum*. Utrecht: CDβ-Press.
- Bayrhuber, H. en Brinkman, F.(red.) (1998). *What - Why - How? Research in Didaktik of Biology: Proceedings of the 1st Conference of European Researchers in Didaktik of Biology (ERIDOB)*.
- Beck, U. (1992). *Risk Society. Towards a New Modernity*. Londen: Sage Publications.
- Commissie Vernieuwing Scheikunde havo en vwo (2003). *Chemie tussen context en concept*. Enschede, SLO.
- Crick, B. (2001) Citizenship and science; science and citizenship, *School Science Review*, 83(302):33-38.
- Friebel, A., Boersma, P., Geurts, T., Pouwels, J. en Vermeulen, D. (2001). *Deelnemen aan morele communicatie. Leren voor het leven in een democratische, pluriforme samenleving*. Enschede: SLO.
- Giddens, A. (1991). *Modernity and self-identity: self and society in the late modern age*. Cambridge: Polity Press.
- Haste, H. (2004). Constructing the citizen. *Political Psychology*, 25, 3, 423-438.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and Learning Science: Towards a Personalized Approach*. Buckingham: Open University Press.
- Horstman, K., Vries, G.H.de, en Haveman, O. (1999). *Gezondheidspolitiek in een risicocultuur. Burgerschap in het tijdperk van de voorspellende geneeskunde*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Inspectie van het Onderwijs (2006) *Toezichtkader actief burgerschap en sociale integratie*. Staatscourant 5 juli 2006, nr.128.
- Jansen, Th. (1994). Gedeelde verschillen. Algemene volwassenenvorming in een veelvormige wereld. Den Haag: VUGA.
- Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschap (2003) *Biologieonderwijs: een vitaal belang*. Amsterdam: Biologische Raad ([www.knaw.nl/publicaties/pdf/20031062.pdf](http://www.knaw.nl/publicaties/pdf/20031062.pdf)).
- Kolstø, S.D. (2001). Scientific Literacy for Citizenship: Tools for Dealing with the Science Dimension of Controversial Socioscientific issues. *Science Education*, 85:3 291-310.
- Kruijff, A.F. en Schroeder, R.F. (1999). *Toekomstscenario's voorspellende geneeskunde*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Laugksch, R.(2000). Scientific literacy: a conceptual overview, *Science and Education*, 71 (1): 117-34.
- Leenders, H. en Veugelers, W.(2004) Waardevormend onderwijs en burgerschap. Een pleidooi voor een kritisch-democratisch burgerschap. *Pedagogiek* 24;4 p.361-375.

- Levinson, R. (2003). Issues and scenarios. In: Levinson, R. & Reiss, M. (2003). *Key Issues in Bioethics*. Londen: RoutledgeFalmer.
- Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28:10, 1201-1224.
- Lijmbach, S., Broens, M. en Hovinga, D. (2000). *Duurzaamheid als leergebied*. Conceptuele analyse en educatieve uitwerking. Utrecht: CDβ-Press.
- Margadant, M. (2001). Environmental literacy: Re-examining the justifications and objectives of environmental education in the context of a risk society. In: de Jong, O., Savelsbergh, E.R. & Alblas, A. *Teaching for scientific literacy*. Context, Competency, and curriculum. Utrecht: CDβ-Press.
- Mil, M.H.W. van (2007). DNA labs on the Road. *Science in School*, issue 6 p.55-58.
- Nuffield Council on Bioethics (2002) *The ethics of patenting DNA, a discussion paper*, Enfield, dsprint/redesign.
- QSA (Qualifications and Curriculum Authority) (1999) Citizenship. In *The National Curriculum: Handbook for secondary teachers in England*. London:QCA/DfEE. www.nc.uk.net.
- Parker, W. (2003). *Teaching Democracy*. New York: Teachers College Press.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Maidenhead / Philadelphia: Open University Press.
- Ryder, J. (2002). School science education for citizenship: strategies for teaching about the epistemology of science. *J. Curriculum Studies*, 34:6, 637-658.
- Stichting Leerplanontwikkeling (2006). *Een Basis voor Burgerschap*. Enschede: SLO.
- Stuurgroep Natuur, Leven en Technologie (2007). *Contouren van een nieuw betavak. Visie op een interdisciplinair vak; Natuur, Leven en Technologie*. Enschede: SLO.
- Solomon, J (1993). *Teaching Science, Technology and Society*. Buckingham: Open University Press.
- Veugelers, W. (2007). Creating critical-democratic citizenship education: empowering humanity and democracy in Dutch education. *Compare*, 37:1, 105-119.
- Waarlo, A.J. (1998) Didactiek van morele oordeelsvorming. Wat te doen na het vertonen van de video 'In de familie'? *Bulletin voor het Onderwijs in de Biologie*, 177, 221-229.
- Waarlo, A.J. (2007). Biologieonderwijs in het genomics tijdperk. Toerusting van burgers, patiënten en consumenten. In: Popma, M., Wilhelm, P. en Boersma, K. (2007). *Onderwijs in de kennissamenleving*. Jaarboek Kennissamenleving deel 3-2007. Amsterdam: Aksant.
- Westheimer, J. & Kahne, J. (2004). What kind of citizen? The politics of education of democracy. *American Educational Research Journal*, 41, 237-269.
- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (1992). *Eigentijds burgerschap*. WRR publicatie Den Haag: Sdu.
- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (1994). *Duurzame risico's: een blijvend gegeven*. Den Haag: Sdu.

Het artikel is voorbereid in het Project 'DNA-labs for citizenship' van het Centre for Society and Genomics en het Cancer Genomics Centre, beide gefinancierd door het Netherlands Genomics Initiative NGI/NWO.