

Een probleemstellende benadering van het onderwijzen van de werking van het hart vanuit een medische 'context'?

Michiel van Eijck
AMSTEL Instituut, Universiteit van Amsterdam

Martin Goedhart
Rijksuniversiteit Groningen

Wolter Kaper en Ton Ellermeijer
AMSTEL Instituut, Universiteit van Amsterdam

Samenvatting

Het gebruik van (beroeps)contexten wordt vaak gezien als een manier om het onderwijs voor leerlingen relevanter te maken. Maar in veel bestaand lesmateriaal blijkt dat de te behandelen vakinhoud niet goed aansluit bij de besproken (beroeps)context. In dit onderzoek staat daarom de vraag centraal hoe vanuit een medische context de werking van het hart zou kunnen worden onderwezen. Ter beantwoording van deze vraag is onderwijs voor 5 VWO biologie ontwikkeld en uitgeprobeerd. Beoogd werd aan de hand van elementen uit de medische (beroeps)context een motief te induceren voor het meten aan hart en bloedsomloop met een Microcomputer-Based Laboratory (MBL). Het bleek echter dat de elementen van de medische (beroeps)context niet als zodanig hebben gefunctioneerd. Leerlingen spraken alleen over de fysiologische betekenis van de resultaten, over de 'mooiheid' van de verkregen grafieken of over taakgerichte zaken. We bespreken oorzaken hiervoor, die zijn gelegen in het bestaande curriculum, het verloop van de lessen en het lesmateriaal. Aan de hand van deze lokale oorzaken schetsen we implicaties voor het biologieonderwijs.

1. Inleiding

In recente adviezen van verschillende onderwijsvernieuwingcommissies wordt aanbevolen meer gebruik te maken van contexten bij het onderwijzen van vakinhoud in de tweede fase van het voortgezet onderwijs (KNAW-klankbordgroep Voortgezet Onderwijs, 2003, Commissie Vernieuwing Scheikunde HAVO en VWO, 2003, Commissie Onderwijs van de Biologische Raad, 2003). Deze adviezen zijn echter niet eenduidig over de manier waarop dat zou moeten gebeuren.

Het advies van de KNAW-klankbordgroep Voortgezet Onderwijs (2003) is nog vrij algemeen. Er wordt aanbevolen "onderscheid te maken tussen duurzame kernconcepten en kernvaardigheden aan de ene kant en wisselende theoretische en praktische contexten aan de andere kant" en de "kernconcepten toe te passen in steeds wisselende contexten" (p. 8).

De Commissie Vernieuwing Scheikunde HAVO en VWO (2003) presenteert een meer uitgewerkt advies. De commissie beveelt aan te kiezen voor de *context-en-conceptbenadering*: "maatschappelijke, experimentele, theoretische en beroepsgerichte contexten geven daarbij de aanzet tot het leren

denken in concepten" (p. 18). Hierbij verwijst de commissie naar een binnenlands voorbeeld (Superslurpers) en enkele buitenlandse voorbeelden (zoals ChemCom (VS), Salters' (VK) en Chemie im Kontext (Duitsland)). Een belangrijk verschil met het advies van de KNAW-klankbordgroep is de suggestie dat het mogelijk is vakinhoudelijke concepten te onderwijzen vanuit de contexten. De aangehaalde voorbeelden zijn echter niet echt overtuigend, onder meer omdat ze (nog) niet getoetst zijn aan de praktijk. Het is daardoor onduidelijk of de manieren waarop in de voorbeelden contexten en vakinhouden zijn verbonden, effectief zijn, dat wil zeggen, of ook de beoogde onderwijsdoelen er mee worden bereikt (Goedhart 2004).

De Commissie Onderwijs van de Biologische Raad (2003) is minder uitgesproken. In haar rapport, *Biologieonderwijs: een vitaal belang*, staat dat het in het biologieonderwijs "van belang gevonden [wordt] om biologische kennis te verbinden met voor leerlingen persoonlijk betekenisvolle en maatschappelijk gezien relevante contexten op het gebied van gezondheid, voeding en milieu" (p. 16). Op de volgende bladzijde blijkt dat het nog onduidelijk is hoe dat dan moet gebeuren: "discussie wordt gevoerd over de vraag in hoeverre de contexten nu moeten bepalen welke biologische kennis (en kennis van andere vakken) wordt aangeboden, of dat andersom vanuit de biologie de verbinding met contexten moet worden gelegd" (p. 17). Hierbij wordt verwezen naar artikelen over het biologieprogramma van de 21e eeuw van Boersma (2001) en Boersma en Schermer (2001).

Het gebruik van contexten is niet nieuw in het Nederlands natuurwetenschappelijk onderwijs. Het in 1972 gestarte Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde (PLON) was bijvoorbeeld van grote betekenis voor de ontwikkeling van ideeën over het gebruik van contexten. Hierin werd vooral aandacht besteed aan 'leefwereld- en participatiegerichte contexten'¹. Er is in het kader van PLON onderzoek gedaan naar de manier waarop contexten zouden moeten worden geïntegreerd met de vakinhoud. Dit heeft echter weinig eenduidige resultaten opgeleverd. De introductie van contexten bleek begripsproblemen bij leerlingen te induceren (Van Genderen 1989, Eijkelhof 1990). Dit kwam onder andere doordat onder leefwereldcontexten fysisch complex zijn en bovendien complicerende leefwerelddenkenbeelden bij leerlingen oproepen (Van der Valk 1992). Dergelijke bevindingen zijn ook gerapporteerd in de buitenlandse literatuur (zie hiervoor Goedhart, Joling en Kaper 2001).

Ook in het kader van de invoering van de basisvorming is expliciet aandacht besteed aan de rol van contexten. Onderzoek in dit verband laat zien dat contexten een rol zijn gaan spelen het onderwijs, maar dat dit nauwelijks van betekenis is voor de traditionele vakstructuur (Hooymayers, Lijnse en De Vos 1989, Van Aalsvoort 2000). Dit roept de vraag op in hoeverre vanuit contexten vakinhoudelijke doelen haalbaar zijn. Hooymayers, Lijnse en De Vos (1989) pleiten dan ook voor meer onderzoek op dat gebied.

Op basis van de literatuur is het dus niet duidelijk hoe in het biologieonderwijs van contexten gebruik gemaakt zou kunnen worden. De vraag of de contexten nu moeten bepalen welke biologische kennis wordt aangeboden, of dat andersom vanuit de biologie de verbinding met contexten moet worden gelegd, is nog niet bevredigend beantwoord. Uitgaande van deze vraag willen we hier rapporteren over een deel van een recentelijk uitgevoerd ontwikkelingsonderzoek. In dat onderzoek hebben we namelijk geprobeerd een

onderdeel van de vakinhoud van de Tweede Fase van het VWO biologie (de werking van het hart) te onderwijzen vanuit contexten. Voordat we aangeven hoe we dat hebben gedaan en welke onderzoeksvraag we hier bij hebben gesteld, zullen we hier eerst het begrip 'context' proberen te verhelderen.

2. Contexten

De term 'context' heeft verschillende betekenissen. Dit maakt de discussie over het gebruik van contexten in het onderwijs vaak onhelder, omdat niet duidelijk is wat precies wordt bedoeld met een 'context'. We zullen daarom hier eerst ingaan op de verschillende betekenissen en vervolgens uiteenzetten hoe wij het begrip 'context' opvatten. We laten daarmee ook zien hoe we contexten kunnen beschrijven.

Samenhang en betekenis

In een review over de verschillende betekenissen van het begrip 'context' in het onderwijs beredeneert Van Oers (1998) dat contexten onlosmakelijk zijn verbonden met het toekennen van *betekenis* aan begrippen². De betekenis van een begrip komt tot stand wanneer het proces van betekenis construeren wordt ondersteund door toegevoegde informatie vanuit een omgeving waarin het begrip functioneert. Deze omgeving wordt opgevat als een context. De functie van een context is op die manier tweeledig. Ten eerste *specificeert* de context de *betekenis* van een begrip door dubbelzinnigheden of concurrerende betekenissen te elimineren. Ten tweede voorkomen contexten dat de gespecificeerde meningen geïsoleerd blijven door het begrip te voorzien van *samenhang met een groter geheel*. Als voorbeelden geeft Van Oers (ibid.) de betekenis van oppervlak in de context van een zinvolle activiteit van een kind dat een tafel bedekt met papier of de vloer van een poppenhuis met een stuk tapijt. De betekenis van 'oppervlak' wordt hier gespecificeerd (als hoeveelheid papier of vloerkleed), maar krijgt ook samenhang met andere begrippen, zoals lengte, breedte, meeteenheid, etc.

Ervaringsdomein en relatienet

Goedhart, Kaper en Joling (2001) hebben een review geschreven over het gebruik van contexten in het natuurkunde- en scheikundeonderwijs en constateren problemen die samenhangen met twee verschillende aspecten van het begrip 'context'. Deze verschillende aspecten hebben te maken met het karakter van de omgeving waarin begrippen in het onderwijs betekenis krijgen.

In het natuurwetenschappelijk onderwijs kan een 'context' bestaan uit *woorden* waarmee natuurwetenschappelijke begrippen worden beschreven of gedefinieerd (bijvoorbeeld door de docent of een schoolboek). Hier is dus de omgeving van een natuurwetenschappelijk begrip een karakteristieke verzameling woorden die gebruikt wordt in teksten of gesprekken en die de betekenis van dat begrip specificeert en voorziet van samenhang met een groter geheel. De betekenis van het woord molecuul wordt in de scheikunde bijvoorbeeld gespecificeerd door onder andere de woorden 'stof' en 'reactie'. Deze woorden staan bovendien in een specifieke relatie tot elkaar. Als we de term 'stof' gebruiken om het begrip 'molecuul' te beschrijven, dan zeggen we dat een 'stof' uit 'moleculen' bestaat (en niet dat moleculen uit stoffen be-

staan). Bovendien voorzien de woorden 'stof' en 'reactie' het woord 'molecul' van samenhang met een groter geheel. Goedhart, Kaper en Joling (ibid.) stellen voor om deze verzameling woorden aan te duiden met *relatienet*³, waarmee ze verwijzen naar de specificiteit waarmee deze woorden in relatie tot elkaar staan.

Het begrip 'context' kan ook slaan op *situaties* waarin begrippen betekenis krijgen. Dit kunnen situaties uit het dagelijkse leven zijn. In het onderwijs wordt in dat verband wel eens gesproken over de 'leefwereldcontext' van leerlingen. Maar een begrip kan ook in een specifieke, niet-alledaagse situatie betekenis krijgen, bijvoorbeeld in een anatomiepracticum waarbij leerlingen een 'hartklep' zien nadat ze een echt hart hebben ontleed. Kenmerkend voor een dergelijke betekenis van het begrip 'context' is dat het gaat om een verzameling situaties die iemand heeft ervaren of zich op zijn minst voor kan stellen en die een begrip betekenis geven. Goedhart, Kaper en Joling (ibid.) stellen voor om deze verzameling situaties aan te duiden met *ervaringsdomein*.

Goedhart, Kaper en Joling (ibid.) beredeneren dat in verschillende ervaringsdomeinen dezelfde woorden gebruikt worden, en dat die woorden, door hun gebruik in verschillende ervaringsdomeinen, *verschillende betekenissen hebben*. Begripsproblemen kunnen dan ontstaan als de overgang tussen verschillende ervaringsdomeinen niet duidelijk is voor leerlingen, terwijl de betekenis van de woorden wel verandert. Een voorbeeld hiervan is een methode die het begrip 'zuur' introduceert vanuit een alledaagse leefwereldcontext (en daarbij de smaakervaring aanhaalt), maar het begrip in chemische betekenis gebruikt zonder de aandacht te vestigen op de betekenisverandering of zonder eerst de nodige nieuwe ervaringen aan te bieden.

Handelingspraktijken

Als we een context opvatten als een ervaringsdomein en dit gebruiken in het ontwerpen van lesmateriaal, moeten we *a priori* al enig idee hebben van de voorkennis en ervaringen van leerlingen met datgene wat we willen onderwijzen. Zolang we ons beperken tot natuurwetenschappelijke kennis en de daarmee nauw in verband staande contexten⁴, kunnen we op grond van ervaringen van docenten en empirische studies naar ideeën van leerlingen een redelijk betrouwbare hypothese opstellen over de voorkennis en ervaringen van leerlingen met die contexten. Bij beroepsgerichte en maatschappelijk relevante contexten is dit niet het geval. Hiervoor is een aantal redenen. Ten eerste weten we weinig over de ervaringen en voorkennis van leerlingen met dergelijke contexten. Ten tweede is het niet duidelijk wat onze eigen opvatting is van beroepsgerichte en maatschappelijk relevante contexten en hoe deze opvatting verschilt van die van leerlingen. Wanneer we in het onderwijs refereren aan een beroepsgerichte of maatschappelijk relevante context, kunnen we dus niet voorspellen of en hoe de leerling met behulp van deze context de betekenis van de te onderwijzen begrippen specificereert. Het is dus noodzaak beroepsgerichte of maatschappelijk relevante contexten te beschrijven, voordat we ze gebruiken in het onderwijs.

Een raamwerk om beroepsgerichte en maatschappelijk relevante contexten te beschrijven is de *handelingstheorie* van onder andere Vygotsky en Leont'ev. De geschiktheid hiervan voor het ontwikkelen van onderwijs wordt

door Van Oers (ibid.) theoretisch onderbouwd en enkele empirische studies (Roth 1995, Van Aalsvoort 2000) in het natuurwetenschappelijk onderwijs lijken dit te bevestigen. Vanuit de handelingstheorie kunnen we een context opvatten als een *handelingspraktijk*. We zullen dit toelichten aan de hand van een handelingspraktijk die verderop in dit artikel aan de orde zal komen, namelijk de handelingspraktijk van een arts die werkt in een traumahelikopter.

Een handelingspraktijk leidend tot een bepaald product of resultaat (in de ruimste zin van het woord) wordt in de handelingstheorie geanalyseerd aan de hand van zes elementen, namelijk *subject*, *object*, *instrumenten*, *regels*, *gemeenschap* en *taakverdeling*. Deze zes elementen staan niet los van elkaar, maar elk element wordt gekarakteriseerd door de overige elementen. In het voorbeeld definiëren arts (subject) en patiënt (object) elkaar wederzijds in de menselijke handelingspraktijk. We kunnen van het handelen van de arts leren wat er met de patiënt aan de hand is en aan de hand van de patiënt weten we bijvoorbeeld waar de arts toe in staat is (er zit bijvoorbeeld geen dermatoloog op een traumahelikopter). Ook aan de hand van de *instrumenten* die de arts gebruikt leren we meer over het kunnen van de arts en de toestand van de patiënt. Overigens kunnen dit zowel instrumenten van tastbare aard (injectiespuit, zuurstofmasker, elektronische meetapparatuur zoals een bloeddrukmeter en een elektrocardiograaf) als niet-tastbare aard (kennis en vaardigheden van EHBO) zijn. De kern van de handelingstheorie bestaat eruit dat het handelen van het subject deel uitmaakt van een groter sociaal geheel en dat individuele handelingen en het grotere sociale geheel geïntegreerd worden in de handelingspraktijk. De arts is bijvoorbeeld gebonden aan bepaalde *regels* die bepalen wat hij wel en niet kan doen om een patiënt in leven te houden. Deze regels kunnen niet los gezien worden van de *gemeenschap* waar de arts deel van uit maakt en dit geeft dus weer betekenis aan bepaalde individuele handelingen van de arts. Ook de *taakverdeling* tussen arts en ander medisch personeel wordt bepaald door een groter sociaal geheel en bepaalt vervolgens weer welke handelingen de arts wel of niet uitvoert.

In het onderzoeken van natuurwetenschappelijk onderwijs kan de handelingstheorie zowel *prescriptief* als *descriptief* worden toegepast. Van Aalsvoort (2000) heeft bijvoorbeeld de handelingstheorie prescriptief toegepast door lesmateriaal voor scheikunde voor de derde klas te ontwikkelen waarbij kennis over de handelingspraktijk waarmee chemische producten tot stand komen, een doel is van het onderwijs. De handelingstheorie is hierbij een uitgangspunt voor het ontwikkelen van onderwijs. Roth (1995) heeft de handelingstheorie vooral descriptief toegepast. De handelingstheorie is hierbij geen uitgangspunt voor het ontwikkelen van onderwijs, maar alleen een instrument om verschillen en overeenkomsten tussen bijvoorbeeld schoolse en niet-schoolse contexten te beschrijven. Overigens wordt het descriptief toepassen van de handelingstheorie omvat door een prescriptieve toepassing ervan. Van Aalsvoort (ibid.) beschrijft immers het ontwikkelde lesmateriaal ook vanuit een handelingstheoretisch kader.

3 Doel en methode van het onderzoek

Het gebruik maken van contexten in het natuurwetenschappelijk onderwijs vatten we hier op als het in aanraking brengen van leerlingen met maatschappelijk relevante of beroepsgerichte handelingspraktijken. Het doel hiervan is dat leerlingen hiermee een ervaringsdomein opbouwen dat betekenis geeft aan de natuurwetenschappelijke vakinhoud die ermee wordt verbonden. Bepaalde elementen van het ervaringsdomein moeten daarbij in verband gebracht worden met onderdelen van de vakinhoud. Ter discussie staat dan of deze elementen uit het ervaringsdomein moeten worden verbonden met onderdelen van al onderwezen vakinhoud of andersom, dat de vakinhoud kan voortkomen uit elementen van het ervaringsdomein van leerlingen.

Deze beschrijving van het gebruik van contexten kan de vraag oproepen wat er anders aan is in vergelijking met het huidige onderwijs. Het eerste geval, waarbij vakinhoud wordt onderwezen en hierna ter illustratie wordt getoond hoe die vakinhoud een rol kan spelen in verschillende contexten, is inderdaad niet nieuw. In het tweede geval, waarbij vanuit contexten wordt onderwezen, moeten er echter in het ervaringsdomein elementen zijn die door leerlingen zowel persoonlijk betekenisvol gevonden worden, als beroepsgericht of maatschappelijk relevant zijn, als aanleiding geven tot de constructie van natuurwetenschappelijke kennis. Voor zover wij weten is er weinig onderwijs ontwikkeld waarbij *a priori* de te onderwijzen natuurwetenschappelijke vakinhoud is omschreven en deze vervolgens is onderwezen vanuit maatschappelijke relevante en beroepsgerichte contexten. Dat er met onderwijs vanuit maatschappelijk relevante of beroepsgerichte contexten overdracht van natuurwetenschappelijke kennis plaatsvindt, willen we niet ontkennen. Maar van belang hierbij is welke eisen men stelt aan de te onderwijzen vakinhoud. Dergelijke eisen hebben we getracht aan te geven in ons onderzoek.

Vraagstelling van het onderzoek

Ons onderzoek is gericht op het onderwijzen van natuurwetenschappelijke vakinhoud *vanuit* contexten in de betekenis van handelingspraktijken. We vragen ons af hoe een van te voren gedefinieerde vakinhoud over de werking van het hart kan worden onderwezen vanuit de medische handelingspraktijk, in het bijzonder:

- a. welke elementen van de medische handelingspraktijk persoonlijk betekenisvol zijn voor leerlingen;
- b. hoe we leerlingen in het natuurwetenschappelijk onderwijs effectief met deze elementen in aanraking kunnen brengen, zodat
- c. de betekenis van de natuurwetenschappelijke vakinhoud die met deze elementen wordt verbonden, er ook nader door wordt gespecificeerd.

Methode van onderzoek

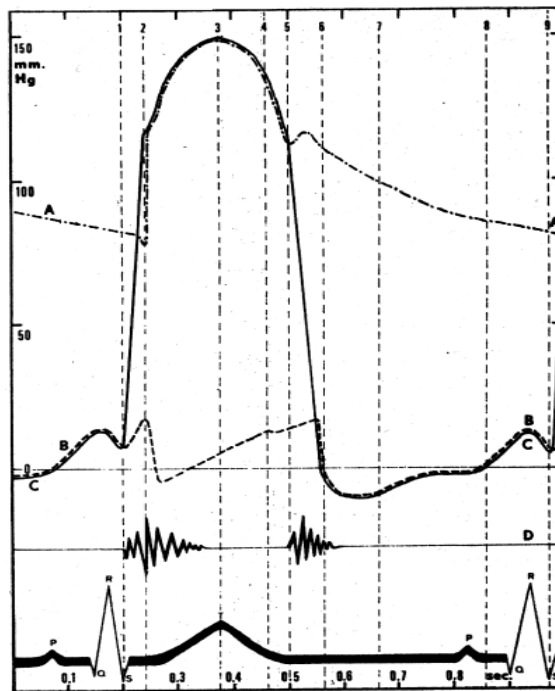
Door ontwikkelingsonderzoek volgens Lijnse (2003) trachten we aan een antwoord op de vraagstelling bij te dragen. Bij het onderwijs dat we ontwikkelen laten we *a priori* zien hoe we leerlingen met bepaalde elementen van een maatschappelijk relevante en/of beroepsgerichte handelingspraktijken in aanraking brengen, hoe authentiek de handelingspraktijken in deze onder-

wijssituatie zijn en hoe we voor leerlingen vermoedelijk persoonlijk betekenisvolle elementen uit die handelingspraktijk verbinden met natuurwetenschappelijke vakinhoud. Door het onderwijs uit te proberen en te verifiëren of de bedoelde elementen als zodanig overkomen in het ervaringsdomein van leerlingen, hopen we een antwoord op onze vraag te kunnen geven.

4. Ontwikkeling van de lessenserie *Metten aan je hart*

Achtergrond

We hebben lesmateriaal ontwikkeld voor het onderwijzen van de werking van het hart in de tweede fase van het VWO biologie. Bij dit onderwerp wordt in schoolboeken geregeld gebruik gemaakt van het *Wiggers diagram* (zie figuur 1). Dit is een gecompliceerde grafiek, die het verloop van drie hartgerelateerde grootheden (geluid, druk en elektriciteit) weergeeft. Het verband tussen deze drie grootheden is aangetoond door Carl J. Wiggers (1883 - 1962) e.a. Het Wiggers diagram is een soort van grafische 'samenvatting' van de empirische, fysiologische kennis van de werking van het hart. Het moet meer opgevat worden als een grafische weergave van een model van de werking van het hart dan als een grafiek van een meetresultaat. Het is



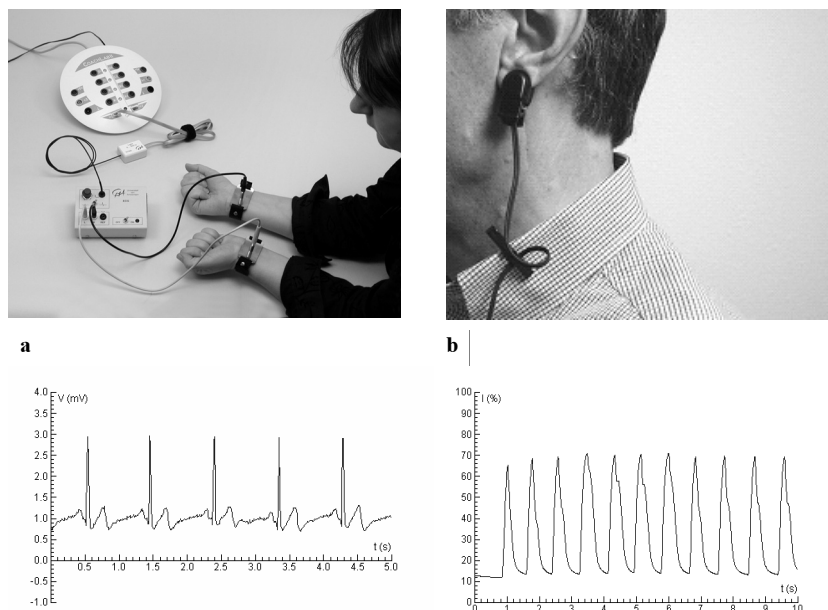
Figuur 1. Het Wiggers diagram laat zien hoe verschillende hartgerelateerde grootheden zoals bloeddruk, spanning en geluid verlopen gedurende één hartslag. A: bloeddruk in aorta; B: bloeddruk in rechterkamer; C: bloeddruk in linkerkamer; D: harttonen; onderste grafiek: ECG met P-top, QRS-complex en T-top. Naar Silbernagl (1998).

een geschikt instrument om de karakteristieke samenhang te illustreren tussen het verloop van de verschillende grootheden gedurende een hartslag.

Voorafgaand aan het ontwikkelen van het lesmateriaal is door ons onderzoek gedaan naar het gebruik van grafieken in methodes in het domein hart en bloedsomloop. Hieruit bleek dat leerlingen, nadat ze onderwijs over de werking van het hart hadden gevolgd, er moeite mee hadden aan hart en bloedsomloop gerelateerde grafieken, zoals ECG en bloeddrukgrafieken, te interpreteren (Van Eijck, Ellermeijer & Goedhart 2003). Hieraan is onder meer debet dat de meeste grafieken in schoolboeken slecht interpreteerbaar zijn voor niet-experts (Van Eijck, Ellermeijer & Goedhart 2003; Roth, Bowen & McGinn 1999). Dat wil zeggen dat in de grafieken allerhande elementen - door Roth, Bowen & McGinn (1999) *graphing resources* genoemd - ontbreken, waardoor de lezer moet beschikken over specifieke vakinhoudelijke of epistemische kennis om deze grafieken te kunnen interpreteren. Op grond hiervan kunnen we het onderwijs problematiseren waarin leerlingen leren omgaan met deze grafieken. Het doel van ons onderwijs is dan ook dat leerlingen de noodzakelijke epistemische en vakinhoudelijke kennis kunnen construeren om een complexe grafiek zoals het Wiggers diagram, dat kenmerkend is voor het domein hart en bloedsomloop, te kunnen interpreteren. Met dit doel hebben we een lessenserie ontwikkeld, getiteld *Metten aan je hart* (Van Eijck, Goedhart & Ellermeijer 2003a).

Inhoud, structuur en verwachtingen van de lessenserie (scenario)

We waren van mening dat het zelf meten aan hart en bloedsomloop met een *Microcomputer-Based Laboratory* (MBL) door leerlingen (zie figuur 2) kan bijdragen aan de gewenste epistemische en vakinhoudelijke constructie van kennis over complexe hartgerelateerde grafieken. Maar voor dergelijke meetactiviteiten moet een inhoudelijke beweegreden zijn die leerlingen kunnen begrijpen. Juist vanwege deze overweging hebben we geprobeerd de *probleemstellende benadering* (Kaper & Ten Voorde 1991, Klaassen 1995, Lijnse 2002) van natuurwetenschappelijk onderwijs toe te passen in het ontwerp van de lessenserie *Metten aan je hart*. Deze benadering kent twee uitgangspunten. Het eerste uitgangspunt bestaat eruit dat de intuïties van leerlingen over hun ervaringswereld grotendeels correct zijn en dat we op grond hiervan altijd een gemeenschappelijk startpunt kunnen vinden om het onderwijsproces te beginnen (Klaassen 1995). Met 'gemeenschappelijk startpunt' wordt hier een situatie bedoeld waarin zowel leerlingen als docent dezelfde woorden met dezelfde betekenis gebruiken om aan een bepaald natuurverschijnsel te refereren. Leren van natuurwetenschap wordt dan gezien "als een proces waarin leerlingen, gebruikmakend van hun aanwezige begrip, ervaringsbasis en systeem van 'beliefs', hieraan nieuwe kennis toevoegen" (Lijnse 2002, p. 66). Het tweede uitgangspunt bestaat eruit dat leerlingen zich gedurende het leerproces bewust zijn en blijven van de inhoudelijke motieven voor datgene wat zij doen. In dergelijk probleemstellend onderwijs is het dus van belang een structuur van motieven te ontwikkelen, waarbij elke onderwijsactiviteit een inhoudelijk motief voor een volgende activiteit induceert. Het probleemstellende bestaat er dan uit "leerlingen in een dusdanige positie te brengen dat zij zelf de inhoudelijke zin gaan inzien van het in een bepaalde



Figuur 2. Een impressie van het meten aan hart en bloedsomloop met een *Microcomputer-Based Laboratory* (MBL). (a) Voorbeeld van een ECG-set zichtbaar, bestaande uit een filter/versterker en elektroden om de pols. De uitgang van de versterker is een LED. Via een lichtsensor wordt het signaal naar de computer gevoerd. Deze optische koppeling garandeert de veiligheid van de proefpersonen. (b) De hartslagsensor bestaat uit een oorclip en een versterkerkastje. In de oorclip zit een lampje en een lichtgevoelig deel, dat de hoeveelheid doorgelaten licht meet. Tijdens de systole zal de doorbloeding groter zijn dan tijdens de diastole. Er wordt dan minder licht doorgelaten. In het sensorkastje wordt het signaal van de clip versterkt, omgekeerd en gefilterd. Onder de foto's zijn voorbeelden van grafieken zoals leerlingen die op het beeldscherm verkrijgen in MBL-ondersteunde lesactiviteiten.

richting gaan uitbreiden van hun bestaande begrippenapparaat" (Lijnse 2002, p. 66).

De *inhoud* waar Lijnse in bovenstaande zin op doelt en op grond waarvan een motief bij leerlingen kan worden geïnduceerd, kan verschillende vormen aannemen. In het begin van een onderwijstraject moet de 'inhoud' bestaan uit iets dat leerlingen enigszins bekend voorkomt en waar ze over kunnen praten in dagelijkse spreektaal. Bij het onderwijsontwerp van Klaassen (1995) was dat bijvoorbeeld het begrip 'radioactiviteit'. Leerlingen konden aan het begin van de lessenserie nog geen eenduidige betekenis toekennen aan dit begrip en dat induceerde een motief om het te gaan onderzoeken. Dit onderzoek leidde tot een meer eenduidige betekenis van het begrip 'radioactiviteit'. Gedurende een probleemstellend onderwijstraject zal de 'inhoud' dus meer en meer een vorm aannemen die kan worden beschreven met behulp van voor leerlingen eenduidige begrippen.

De medische handelingspraktijk lijkt een geschikt startpunt. De meeste leerlingen zijn immers uit ervaring bekend met de subjecten van de medische

Tabel 1. Vereenvoudigde weergave van een motievenstructuur van de eerste twee lessen van de lessenserie *Metten aan je hart*, bestaande uit de activiteiten en de kennis die ermee wordt opgedaan, de reflectieve vragen die eruit voorkomen en de daarmee geïnduceerde motieven voor de volgende activiteiten.

Activiteit	Kennis	Motievenstructuur*
Bekijken van videofragment waarin aan hart en bloedsomloop wordt gemeten in medische handelingspraktijk.	Globale oriëntatie op meten aan hart en bloedsomloop in medische handelingspraktijk	Hoofdvraag: waarvoor en hoe wordt meetapparatuur gebruikt? Reflectie: om te weten hoe meetapparatuur wordt gebruikt, is kennis over meetapparatuur nodig. Deelvraag: hoe werkt meetapparatuur?
Zelf meten van ECG, doorbloeding oorlel en harttonen	Kennis over meten aan hart en bloedsomloop	Reflectie: om de (on)gezondheid van het hart uit de meetresultaten te kunnen afleiden is kennis nodig over werking van het gezonde hart. Deelvraag: Hoe werkt het hart?

*) Voor een gedetailleerde beschrijving van de motieven, zie tekst.

handelingspraktijk doordat ze als patiënt onder behandeling van een arts zijn geweest of in een ziekenhuis zijn geweest. Echter, in ons geval hebben we wel te maken met een complicerende factor. Het *inhoudelijke* waar Lijnse in bovenstaande zin op doelt, is namelijk niet een natuurverschijnsel of een vaag bekend natuurwetenschappelijk begrip, maar bestaat uit elementen van een medische handelingspraktijk. We hebben ons dus de vraag gesteld op welke wijze welke elementen van een medische handelingspraktijk een motief kunnen induceren voor het meten aan hart en bloedsomloop. Een antwoord op deze vraag lag mogelijk besloten in de apparatuur waarmee leerlingen kunnen meten aan hart en bloedsomloop. Deze apparatuur heeft namelijk overeenkomsten met instrumenten uit de medische handelingspraktijk. We dachten dat het tonen en bespreken van de werking van vergelijkbare instrumenten in een medische handelingspraktijk een motief kan induceren voor het leren over de precieze werking van dergelijke instrumenten. Vervolgens zou voor een beter begrip van de werking van de instrumenten, meer kennis over de werking van het hart vereist zijn. Dat induceert weer een navenant motief voor een volgende onderwijsactiviteit.

De bovenstaande verwachtingen hebben we concreet uitgewerkt in een motievenstructuur voor de eerste twee lessen (zie tabel 1). We laten hier alleen de uitwerking van de eerste twee lessen zien, omdat juist in dit gedeel-

te van de lessenserie de medische handelingspraktijk en natuurwetenschappelijke vakinhoud worden verbonden. We zullen hier alleen deze twee lessen uitgebreid toelichten en verder volstaan met een korte schets van de rest van de lessenserie.

In de lessenserie *Metten aan je hart* starten de leerlingen met het bekijken van videofragmenten van de handelingspraktijk van paramedisch personeel (EHBO-er, verpleegster op een ziekenhuisafdeling). In deze fragmenten is elektronische meetapparatuur zichtbaar die ECG en bloeddruk van patiënten meet. De leerlingen reflecteren op deze fragmenten door (schriftelijk) de vragen te beantwoorden wat er wordt gemeten en waarvoor en hoe geneeskundigen van dergelijke meetapparatuur of meetresultaten gebruik maken. In een onderwijsleergesprek wordt dit vervolgens besproken. We verwachtten dat leerlingen niet in die mate met de handelingspraktijk van geneeskundigen bekend zijn, dat ze deze vragen naar hun eigen oordeel bevredigend kunnen beantwoorden. Dit induceert een motief om meer te willen weten over de meetapparatuur en dus een motief om zelf te gaan meten aan hart en bloedsomloop met vergelijkbare meetapparatuur.

In de volgende les doen leerlingen in koppels verschillende metingen aan hart en bloedsomloop. Het is relevant te vermelden dat alleen de ECG-meting authentiek is. De bloeddrukmeting werd gesimuleerd aan de hand van een meting van de doorbloeding van de oorlel. Het resultaat van deze meting is vergelijkbaar met het resultaat van een meting van het verloop van de bloeddruk in de tijd; min of meer dezelfde kennis over de werking hart kan er uit worden afgeleid. Naast de meting van ECG en bloeddruk hebben leerlingen ook de harttonen met een aan een geluidssensor verbonden stethoscoop gemeten. We hebben leerlingen ook deze meting laten doen, omdat ook het verloop van de hartgeluiden deel uitmaakt van het Wiggers diagram van figuur 1. Op deze manier zouden leerlingen de drie metingen hebben uitgevoerd die ook in het diagram voorkomen. Bij de harttonenmeting wordt het signaal gekwantificeerd dat een arts gewoonlijk waarneemt tijdens het beluisteren van het hart met een stethoscoop. Als zodanig is er een verschil met de medische handelingspraktijk waarin dit signaal doorgaans alleen kwalitatief wordt waargenomen.

Om twee redenen verwachtten we dat elementen uit de medische handelingspraktijk deel zouden uitmaken van het met deze activiteiten geconstrueerde ervaringsdomein van leerlingen. Ten eerste verwachtten we dat leerlingen metingen zouden doen met het motief meer te weten over elektronische meetapparatuur zoals die ook in de medische handelingspraktijk gebruikt wordt. Ten tweede hebben we in een vooronderzoek meegemaakt dat leerlingen na het doen van metingen aan hart en bloedsomloop zich afvroegen wat ze uit de meetresultaten konden afleiden over de gezondheid van hun hart. (Van Eijck, Goedhart & Ellermeijer, 2002). We verwachtten bovendien dat hiermee een motief zou worden geïnduceerd voor het meer willen weten over de werking van het hart. Immers, pas wanneer de werking van het gezonde hart bekend is, kunnen we de (afwijkende) meetresultaten interpreteren en medische informatie eraan ontleenen.

Op deze manier hebben we een motievenstructuur ontwikkeld voor het leren van de werking van het hart, uitgaande van een start vanuit een medische handelingspraktijk. Daarbij worden dus bepaalde instrumenten van de

medische handelingspraktijk (meetapparatuur, kennis over de gezondheidstoestand van het hart van artsen) verbonden met de vakinhoud van de tweede fase van het VWO biologie over de werking van het hart.

In het vervolg van de lessenserie kregen de leerlingen een leestekst (met vragen ter verwerking) over de werking van het hart. Daarna werd aan de hand van voorbeelden uitgelegd hoe ze met kennis over de werking van het hart de meetresultaten konden interpreteren. Hierna werden de meetresultaten in een breder kader geplaatst; het Wiggers diagram werd hierbij getoond als voorbeeld van het resultaat van langdurig cardiologisch onderzoek. De laatste les bestond vervolgens uit het bekijken van enkele voorbeelden waarbij in de cardiologie van dergelijke onderzoeksresultaten gebruik wordt gemaakt. We bespreken deze gedeelten van de lessenserie hier verder niet meer.

5. Onderzoeksomgeving, dataverzameling en analyse

Onderzoeksomgeving

De motievenstructuur is uitgewerkt in concreet lesmateriaal en getest in twee 5VWO klassen (respectievelijk 22 en 23 leerlingen) van een categoriaal gymnasium. Deze beide klassen hadden dezelfde docent. Met deze docent is intensief overleg gevoerd over het doel en de werkwijze van de lessenserie. Hierbij is afgesproken dat de eerste, inleidende les door de eerste auteur werd gegeven. De tweede les, die voornamelijk bestond uit opdrachten die leerlingen met behulp van de computer deden, is vervolgens samen door de docent en de eerste auteur begeleid. De lessen hierna zijn door de docent gegeven; de eerste auteur heeft hierbij alleen gegevens verzameld.

Verzameling en analyse van de gegevens

Gedurende en na afloop van het uitproberen van de lessenserie in de klas zijn er verschillende soorten gegevens verzameld. In dit artikel gebruiken we alleen gegevens die iets zeggen over het verloop en de uitkomst van de eerste twee lessen (zie tabel 2).

De empirische gegevens zijn in twee stappen geanalyseerd. De eerste stap van de analyse volgt een methode die is beschreven door Verhoeff (2003). Aan de hand van algemene analysevragen kwam een indruk tot stand van significante empirische gegevens. Dat wil zeggen, gegevens

Tabel 2. Verzamelde gegevens die iets zeggen over het verloop en uitkomst van de eerste twee lessen.

Soort gegevens	Moment	Subjecten (per klas)
Audio-opnamen	Tijdens les 2	3 Koppels leerlingen tijdens meetactiviteit
	Tijdens les 2	Gesprekken eerste auteur met leerlingen
Video-opnamen	Tijdens les 2	1 Koppel leerlingen tijdens meetactiviteiten
Interview	Na les 1 en 2	Vier leerlingen
Enquête	Na lessenserie	Alle leerlingen
Interview	Na lessenserie	Docent
Leerlingenproducten	Na lessenserie	Alle leerlingen

waaruit blijkt dat het verwachte onderwijsleerproces afweek van of juist overeenkwam met het daadwerkelijke onderwijsleerproces. In de tweede stap van de analyse zijn we aan de hand van de significante empirische gegevens nagegaan welke motieven leerlingen hebben gedurende het waargenomen leerproces. Hierbij hebben we specifiek gekeken welke elementen van de medische handelingspraktijk herkenbaar zijn in de motieven van leerlingen. In gevallen waar in de motieven van leerlingen geen elementen van de medische handelingspraktijk zijn te herkennen, hebben we geprobeerd te karakteriseren welke motieven leerlingen dan wel hebben gedurende het leerproces. Als laatste onderdeel van de analyse zijn we nagegaan in hoeverre de medische handelingspraktijk deel uitmaakt van het met de onderwijsactiviteiten geconstrueerde ervaringsdomein van leerlingen. In het bijzonder hebben we gekeken welke rol de medische handelingspraktijk bijdraagt aan het specificeren van betekenis van de meetactiviteiten. Op grond hiervan kregen we een idee of leerlingen vanuit elementen van de medische handelingspraktijk vakinhoudelijke kennis construeerden.

De hier beschreven onderzoeksmethode impliceert dat we motieven kunnen waarnemen en de aard daarvan nader kunnen specificeren. We willen bijvoorbeeld kunnen achterhalen in hoeverre de medische handelingspraktijk een inhoudelijk motief induceert voor de daarop volgende meetactiviteiten. Echter, een voorbehoud is hier op zijn plaats. Een motief is letterlijk een beweegreden. Beweegredenen voor lesactiviteiten kunnen af en toe worden herkend in de gesprekken van leerlingen tijdens het doen van deze activiteiten. En we kunnen ook achteraf leerlingen hiernaar vragen. Maar wat we op grond daarvan waarnemen zijn slechts aanwijzingen van de werkelijk motieven van leerlingen. Het is namelijk heel aannemelijk dat bepaalde motieven onuitgesproken blijven, bijvoorbeeld als leerlingen het idee hebben dat het uitspreken van dergelijke motieven schadelijk zou kunnen zijn voor hun verdere schoolcarrière. We willen er hier daarom op wijzen dat we niet nastreven een compleet beeld te verkrijgen van de motieven van leerlingen tijdens het doen van lesactiviteiten. Een dergelijk onderzoek vereist een heel andere opzet. Ons doel is aan de hand van gesprekken en uitspraken van leerlingen de heersende ideeën over het onderwijzen van biologische vakinhoud vanuit contexten verder te nuanceren en te specificeren. Hiertoe gebruiken we 'motieven van leerlingen' dus als een metafoor om het door ons ontwikkelde onderwijs te ijkken aan de lespraktijk. Deze metafoor is relevant omdat we trachten dit onderwijs probleemstellend te ontwerpen.

6. Resultaten

In deze paragraaf gaan we alleen in op het verloop van de eerste twee lessen van de lessenserie. Met name dat deel is relevant voor het beantwoorden van de vraagstelling, omdat daarin beoogd wordt elementen van de medische handelingspraktijk te verbinden met natuurwetenschappelijke vakinhoud. We starten met een globale beschrijving van het verloop van deze twee lessen. Daarna gaan we dieper in op enkele resultaten die relevant bleken voor het beantwoorden van de vraagstelling. Ten eerste gaan we in op motieven van leerlingen voor de meetactiviteiten die we hebben kunnen afleiden uit hun gesprekken tijdens het doen van die activiteiten. Daarna geven we resultaten op basis van interviews en de enquête die iets zeggen

over de rol van de medische handelingspraktijk in het ervaringsdomein van leerlingen. Tot slot laten we resultaten zien waarin leerlingen betekenis toekennen aan de meetactiviteiten.

Globale beschrijving van het verloop van de eerste twee lessen

In de lessenserie *Metten aan je hart* starten de leerlingen met het bekijken van videofragmenten van de handelingspraktijk van paramedisch personeel (EHBO-er, verpleegster op een ziekenhuisafdeling). In deze fragmenten is elektronische meetapparatuur zichtbaar die ECG en bloeddruk van patiënten meet. De leerlingen reflecteren op deze fragmenten door (schriftelijk) de vragen te beantwoorden wat er wordt gemeten en waarvoor en hoe geneeskundigen van dergelijke meetapparatuur of meetresultaten gebruik maken. Uit analyse van de schriftelijke antwoorden bleek dat de apparatuur leerlingen bekend voorkwam. De meeste leerlingen wisten dat het om apparatuur ging waarmee ECG en bloeddruk konden worden gemeten. Ook bleek dat leerlingen moeite hebben met het specificeren van de gemeten grootheden van vooral de ECG-apparatuur; veel leerlingen noemden hierbij bijvoorbeeld 'hartslag'. Op de vraag naar de reden waarvoor artsen deze grootheden meten, waren de schriftelijke antwoorden heel divers. In een onderwijsleergesprek werden enkele antwoorden op het bord gezet en besproken. Hieruit bleek dat er geen eenduidig antwoord kon worden geformuleerd. De verwachting dat leerlingen deze vraag naar hun eigen oordeel niet bevredigend kunnen beantwoorden, omdat ze niet in voldoende mate met de handelingspraktijk van geneeskundigen bekend zijn, werd hiermee bevestigd. We konden door een gebrek aan empirische gegevens niet vaststellen of op dit moment in het onderwijsproces inderdaad vanuit de medische handelingspraktijk een motief is geïnduceerd om meer te willen weten over de meetapparatuur. Dit motief is wel uitgesproken door de docent/onderzoeker aan het eind van het onderwijsleergesprek. Geïnterviewde leerlingen gaven na afloop van de les ook bevestigend antwoord op de vraag of ze het een logisch vervolg vonden om na de eerste les zelf te gaan meten aan hart en bloedsomloop. Maar dit laatste betekent nog niet dat het ook een motief van de leerlingen is geworden.

De ruimte waarin werd gewerkt (mediatheek), was niet geschikt voor het houden van een klassengesprek. Daarom konden we daarmee de tweede les niet starten. Leerlingen gingen bij binnenkomst direct achter de computer zitten en aan de slag aan de hand van een schriftelijke instructie. Operatio-

Tabel 3. Het succes van de metingen van leerlingen.

Grp	Aant.	Il. Bestanden	ECG			HG			HSS		
			I	NI	NR	I	NI	NR	I	NI	NR
1	23	9	9	0	0	7	2	0	7	0	2
2	21	9	7	1	1	5	4	0	5	4	0
Totaal	44	18	16	1	1	12	6	0	12	4	2

ECG: electrocardiogram; HG: meting van hartgeluiden; HSS: meting met hartslagsensor; I: interpreteerbaar resultaat; NI: Niet-interpreteerbaar resultaat; NR: Geen resultaat. Koppels van twee leerlingen produceerden samen één bestand. Het aantal leerlingen komt niet overeen met het dubbele aantal bestanden vanwege afwezigheid van leerling of zoekgeraakte bestanden

neel verliep dit zonder noemenswaardige problemen. De meeste leerlingen slaagden er in om drie verschillende metingen te verrichten en de in het lesmateriaal gestelde opdrachten te doen. We hebben bestanden met meetresultaten van leerlingen verzameld en gekeken hoeveel van deze bestanden interpreteerbare meetresultaten bevatten. Onder interpreteerbare meetresultaten verstaan we in dit geval meetresultaten waaruit de hartslagfrequentie kan worden afgeleid. Hieruit blijkt dat de meeste leerlingen erin slaagden om interpreteerbare meetresultaten te verkrijgen (zie tabel 3).

Motieven voor het meten van hartgerelateerde grootheden

Uit het globale verloop van de tweede les kunnen we opmaken dat leerlingen met enig succes metingen hebben verricht aan hart en bloedsomloop. De vraag is nu welk motief leerlingen hadden voor deze activiteiten. We hebben de gesprekken geanalyseerd van alle vier de koppels leerlingen waarvan we de gesprekken hebben geregistreerd. Hierin konden we geen motief waarnemen met elementen van een medische handelingspraktijk. We zullen hier de motieven trachten te karakteriseren waarmee leerlingen dan wel de metingen deden.

Motief met fysiologische kennisinstrumenten zonder medische elementen

Leerlingen bleken vaak direct de meetresultaten te interpreteren aan de hand van fysiologische kennisinstrumenten, zoals blijkt uit het volgende transcript:

S1 en S2 werken samen. S1 heeft zojuist een meting van de doorbloeding van de oorlel gedaan en er verschijnt een meetresultaat op het scherm. De gemiddelde waarde van dit resultaat ligt gemiddeld veel hoger dan het eerder gemeten meetresultaat van S2 (deze grafiek is ook nog zichtbaar).

S2: Waarom heb jij zoveel bloed in je oor? [Lacht]

S1: Ik heb een betere doorbloeding [Lacht]

S2: Ik heb heel weinig bloed in mijn oor [Lacht en wijst naar grafiek op scherm]
[...]

S1: Waarom heb ik het zo hoog?

S2: Ja, jij hebt gewoon heel veel bloed in je oor. ... Je hebt een hele dikke vette oorlel.

S1: [Heeft slappe lach]

Het motief voor de vraag van S2 waarom S1 zoveel bloed in haar oor heeft is bijvoorbeeld algemeen fysiologisch (de wil om te weten hoe het lichaam functioneert) en elementen uit de medische handelingspraktijk kwamen hier verder niet ter sprake. Dit wil niet zeggen dat er helemaal geen medische motieven in het spel waren. We hebben dit alleen niet kunnen waarnemen in de gesprekken van leerlingen.

Eén leerling gaf in een interview na afloop van de activiteiten expliciet aan een dergelijk fysiologisch, niet-medisch motief te hebben. Op de vraag wat hij had willen leren nadat het duidelijk was geworden dat hij niet tevreden was over de inhoud van de eerste twee lessen, zei hij:

Ja, misschien wat meer over... zeg maar... de bouw... ja, echt, echt... de werking van het hart en zo, en wat minder over... wat dokters er mee doen en het meten en zo.

Opdrachtgericht motief

Een ander motief voor het doen van metingen is te omschrijven als *opdrachtgericht*. Elementen uit welke handelingspraktijk dan ook ontbreken. Het motief is dan ook niet-inhoudelijk.

Twee leerlingen meten met een hartslagsensor de doorbloeding van de oorlel. De meetresultaten stellen ze teleur; ze zijn niet interpreteerbaar. De amnuensis laat zien dat de meting ook aan de pink kan worden gedaan en dit geeft inderdaad een beter resultaat. In de opdracht staat echter dat de meting aan de oorlel moet gebeuren. Als de amnuensis weg is, hebben de leerlingen het volgende gesprek:

S3: Doe het nu even aan je oor.

S4: Nee, dat werd niet zo mooi.

S3: Dat maakt niet uit. Je moet aan je oor meten, dus eh...

S3 is sterk gericht op het precies volgens de aanwijzingen uitvoeren van de opdracht. De volgens het lesmateriaal voorgeschreven meting die een oninterpreteerbaar resultaat geeft, verkiest hij boven een meting die een goed interpreteerbaar resultaat geeft, maar niet volgens de in de opdracht voorgeschreven manier is verkregen. Het gevolg is dat de leerlingen uiteindelijk een meetresultaat krijgen "dat niet zo mooi werd". Volgens S3 "maakt dat niet uit". De leerling kent hier geen inhoudelijke betekenis toe aan het meetresultaat.

Esthetisch motief

Naast bovengenoemde motieven kwam nog een derde motief voor dat we meer *esthetisch* kunnen noemen. Hierbij is het doel van meten primair een grafiek te verkrijgen die 'mooi' is.

Twee leerlingen meten met een hartslagsensor de doorbloeding van de oorlel.

S3: [Kijkt naar meetresultaat op scherm] Het ziet er niet zo heel mooi uit.

S4: Nou we hebben niets anders, joh.

Het lijkt erop alsof de leerlingen hier ook alleen taakgerichte motieven hebben. Maar vanuit de taakgerichtheid kunnen leerlingen ook grafieken opslaan die niet 'mooi' zijn, zoals leerling S4 bijvoorbeeld voorstelde in het vorige fragment. Echter, later zeggen dezelfde leerlingen het volgende:

S3: Hij is nog steeds niet echt super, hè?

S4: Nou ik sla 'm maar op, omdat we niks beters hebben.

Blijkbaar gaat het hier niet alleen om het hebben van een willekeurig meetresultaat, zoals bij taakgerichtheid, maar ook een meetresultaat van een bepaalde kwaliteit: iets "beters" of iets dat "super" is.

Medische handelingspraktijk in ervaringsdomein

In interviews na afloop van de lesactiviteiten hebben we leerlingen verschillende vragen gesteld om een indruk te krijgen in hoeverre de medische handelingspraktijk een rol speelt in het door leerlingen geconstrueerde ervaringsdomein.

We hebben leerlingen de vraag gesteld of ze de onderwijsactiviteiten interessant vonden, en zo ja, waarom. Hierop antwoordden alle geïnterviewde leerlingen, op één na, positief. De redenen voor hun interesse komen min of meer overeen met de waargenomen motieven tijdens het leerproces. Enkele leerlingen gaven aan dat ze de metingen interessant vonden omdat ze dan iets anders dan anders deden. Ook hier kunnen we spreken van een opdrachtgericht motief. Andere leerlingen gaven aan dat ze het meten interessant vonden omdat ze nieuwsgierig waren naar het functioneren van hun eigen lichaam. Aan de medische handelingspraktijk werd in dit verband niet spontaan gerefereerd. Met andere woorden, geen enkele leerling gaf aan dat ze de onderwijsactiviteiten interessant vonden, omdat ze daardoor meer leerden over de medische handelingspraktijk.

In het interview na afloop van de meetactiviteiten hebben we leerlingen de vraag gesteld in één of enkele zinnen aan te geven wat ze van de gedane onderwijsactiviteiten hadden geleerd. Leerlingen gaven op die vraag als antwoord dat ze daarmee hadden geleerd hoe de apparatuur werkt of dat ze hadden geleerd hoe je door te meten meer over de werking van het hart te weten kunt komen. Ze refereerden in hun antwoorden echter niet spontaan aan de medische handelingspraktijk. Ze gaven bijvoorbeeld niet aan dat ze hadden geleerd hoe en waarvoor elektronische meetapparatuur gebruikt wordt in een medische handelingspraktijk.

In de interviews kwam de medische handelingspraktijk later wel ter sprake. Opvallend was dat er leerlingen waren die dit uitdrukkelijk niet interessant vonden, zoals blijkt uit onderstaand fragment:

Het is niet echt helemaal mijn hobby om dan, hoe heet dat... het is niet helemaal. Ik vind het gewoon niet leuk bij bio, komt er weer zo een onderwerp over, nou... zoals dit, dit komt dan langs en dat gaat over het hart en dan van, wat doen artsen er nou mee... Ja, ik heb... ik weet dat weet mijn halve cluster vol zit met mensen die toch iets stiekem met medicijnen willen gaan doen en dat soort dingen. Nou ja, ik heb dat eigenlijk totaal niet. Ik ben meer ge-woon geïnteresseerd in theorie van nou ja, wat ik... ik heb gewoon hele an-dere voorkeuren bij biologie.

Uit een enquête na afloop van de lessenserie bleek bovendien dat meer leerlingen deze opvatting er op na hielden. We hebben leerlingen de vraag gesteld of ze het eens waren met de stelling dat de centrale vraag van de lessenserie, namelijk hoe en waarvoor artsen gebruik maken van elektronische meetapparatuur, zinvol was. Acht van de 33 leerlingen waren het *niet* eens met die stelling.

Betekenis vanuit medische handelingspraktijk

Het niet interessant of zinvol vinden van de medische handelingspraktijk betekent nog niet dat deze handelingspraktijk geen rol speelt in het specificeren van de betekenis van het met de onderwijsactiviteiten geconstrueerde ervaringsdomein. Bovendien vond een ruime meerderheid van de leerlingen de centrale vraag van de lessenserie zinvol.

Om te weten te komen of de medische handelingspraktijk een rol speelt in het nader specificeren van de betekenis van de meetactiviteiten, hebben we in het lesmateriaal na afloop van elke meetactiviteit (ECG, harttonen, doorbloeding oorlel) schriftelijk de vraag gesteld waarvoor artsen van vergelijkbare metingen gebruik maken. Van 23 leerlingen hebben we de antwoor-

Tabel 4. Het toekennen van medische betekenis aan meetactiviteiten door leerlingen

Antwoord	Soort meting		
	ECG	Harttonen	Bloedvolume oorlel
Medisch specificerend	10	17	8
Niet medisch specificerend	6	2	9
Niet classificeerbaar	-	-	2
Geen antwoord	7	4	4

den op de vragen teruggekregen. Vervolgens hebben we geanalyseerd of in de antwoorden sprake was van een specificatie van de betekenis van de meetactiviteiten vanuit een medische handelingspraktijk. Hieronder verstaan we dat de leerling aangeeft dat de meting kan worden aangewend om een afwijking te constateren (ongeacht of deze afwijking verder werd gespecificeerd). We classificeerden antwoorden als 'niet-medisch specificerend', indien leerlingen alleen aangaven dat een arts met de meetapparatuur aan het hart of de bloedsomloop kan meten en dit zo kan onderzoeken (zonder aan te geven dat dit gebeurde om een afwijking te constateren). Sommige antwoorden waren niet interpreteerbaar, bijvoorbeeld het antwoord dat een arts het bloedvolume in de oorlel meet om van patiënten zonder armen de polsslag te kunnen onderzoeken⁵. De resultaten staan in tabel 4. Hieruit kunnen we afleiden dat alleen aan de meting van de harttonen een meerderheid van de leerlingen de betekenis nader medisch specificeert. Waarschijnlijk heeft dit er mee te maken dat ze deze meting (her)kennen als een meting die een arts kwalitatief uitvoert met een stethoscoop. Eén leerling noemde het meetapparaat dan ook een 'elektrostethoscoop'.

In de interviews hebben we vergelijkbare vragen gesteld. Eerst hebben we de vraag gesteld of ze meer inzicht hadden gekregen in wat elektronische meetapparatuur precies meet van *patiënten*. Hierop antwoordden alle leerlingen op één na positief. Vervolgens hebben we de vraag gesteld of ze meer inzicht hebben gekregen in de vraag waarvoor *artsen* elektronische meetapparatuur toepassen bij het meten aan patiënten. Op deze vraag antwoordden maar twee van de acht leerlingen positief. Ook hieruit blijkt dus dat de medische handelingspraktijk niet overtuigend bijdraagt aan het specificeren van betekenis van de meetactiviteiten.

7. Reflectie

In de lessenserie *Metten aan je hart* is een hele les besteed aan het in aanraking brengen van leerlingen met de medische handelingspraktijk. Ze hebben er beelden van gezien en er is met ze gesproken over instrumenten uit de medische handelingspraktijk (elektronische meetapparatuur) die op die beelden zichtbaar waren. Het bleek echter dat de elementen van de medische handelingspraktijk in het als zodanig geconstrueerde ervaringsdomein geen inhoudelijk motief induceerde voor het zelf doen van metingen met meetapparatuur die overeenkomsten vertoonde met instrumenten uit de medische handelingspraktijk. Bovendien specificeert de medische handelingspraktijk maar in geringe mate de betekenis van de meetactiviteiten. We hebben geprobeerd hiervoor verklaringen te vinden, onder meer door te reflecteren op

het verloop van de eerste twee lessen, het bestaande curriculum en het lesmateriaal.

Voorkennis van de leerlingen

De leerlingen die deze lessenserie volgden, hadden al een schoolcarrière van meer dan vier jaar achter de rug. In die periode hebben leerlingen al veel voorkennis opgebouwd over wat in de lessenserie aan de orde kwam, wat weer bepalend is geweest voor hun inhoudelijke motieven en interesse tijdens de lessenserie. Dit verklaart bijvoorbeeld de motieven van leerlingen met fysiologische kennisinstrumenten. Leerlingen waren in staat de meetresultaten fysiologisch te interpreteren en deden dit vervolgens ook omdat ze wilden weten hoe hun eigen lichaam werkt.

Ook de wil om 'mooie' grafieken te verkrijgen kan te maken hebben met de voorkennis van de leerlingen. Leerlingen hebben voorafgaand of tijdens de lessenserie nog geen onderwijs genoten in de normen aan de hand waarvan op een natuurwetenschappelijke onderbouwde manier de kwaliteit van de door hun verkregen grafieken kan worden beoordeeld. Doordat leerlingen niet beschikken over de noodzakelijke kennis en vaardigheden om de kwaliteit van hun meetresultaten kwantitatief te beoordelen, beoordelen ze de grafieken esthetisch (Goedhart 1990). Hieraan draagt bij dat in schoolboeken overwegend 'mooie' grafieken staan (Van Eijck, Ellermeijer & Goedhart 2003; Roth, Bowen & McGinn 1999). Daardoor kunnen leerlingen de indruk hebben dat het zelf verkrijgen van meetresultaten door eigen onderzoek alleen goed is verlopen als de verkregen grafieken van een zelfde 'mooiheid' zijn (Van Eijck, Goedhart & Ellermeijer (2003b).

Lesmateriaal

We hebben in het lesmateriaal een verklaring gezocht voor de afwezigheid van de medische handelingspraktijk als inhoudelijk motief. Uit deze analyse kwam naar voren dat ook in het lesmateriaal niet op een consistente wijze wordt omgegaan met de medische handelingspraktijk. Nadat leerlingen met de hartslagsensor metingen hadden gedaan aan de doorbloeding van de oorlel, werd bijvoorbeeld de volgende vraag gesteld:

Leg uit hoe je aan je meetresultaten kunt zien hoe lang de tijdsduur tussen twee hartslagen duurt.

We hebben deze vraag in het lesmateriaal opgenomen met de bedoeling om leerlingen enige aandacht te laten schenken aan de betekenis en de kwaliteit van hun meetresultaten. Met deze vraag hoopten we te bereiken dat leerlingen de kwaliteit van hun meetresultaten evalueerden. Immers, alleen met een meetresultaat van voldoende kwaliteit kan de vraag worden beantwoord. Deze vraag zou echter in een medische handelingspraktijk niet relevant zijn. In een medische handelingspraktijk zijn vergelijkbare metingen gestandaardiseerd. Artsen hoeven daarom, uitzonderingen daargelaten, nauwelijks na te denken over de kwaliteit van de metingen waarmee is gemeten. Een resultaat waarbij niet duidelijk is hoelang de tijdsduur tussen twee hartslagen duurt, is medisch gezien zeer relevant en duidt meestal op een ernstige aandoening in plaats van een meting van slechte kwaliteit. We kunnen hier dus spreken van een 'sluipende' overgang in de handelingspraktijken van de

lessenserie, net zoals Kaper en Ten Voorde (1991) dat hebben omschreven voor contextovergangen in het benoemen en definiëren van begrippen in schoolboeken scheikunde. In onze lessenserie verandert de handelingspraktijk 'sluipend' van medisch naar algemeen fysiologisch. Leerlingen evalueren metingen op een manier zoals een arts dat nooit zou doen. Het is daarom niet verwonderlijk dat elementen uit de medische handelingspraktijk geen rol meer spelen gedurende het doen van metingen, het toekennen van een betekenis aan de meetresultaten en het maken van de vragen die hierover worden gesteld.

Verloop van de lessen en de rol van de docent

Naast de voorkennis van de leerlingen en het lesmateriaal moeten we ook stil staan bij de fysieke omstandigheden waarin de lessen zijn uitgevoerd. Met name de overgang tussen de eerste en tweede les was problematisch. Doordat de tweede les niet werd ingeleid kon de docent niet stilstaan bij de medische handelingspraktijk als context van waaruit de meetactiviteiten plaatsvonden. Ook dit kan er toe hebben bijgedragen dat we in de gesprekken van leerlingen tijdens het doen van metingen geen elementen van de medische handelingspraktijk hebben waargenomen. Hetzelfde geldt voor de afsluiting van de tweede les. Doordat ook deze niet inhoudelijk van aard was, kon de docent ook hier niet de medische handelingspraktijk aanhalen en bijvoorbeeld bespreken wat in dat opzicht de betekenis van de meetactiviteiten was.

8. Conclusies en implicaties

Aan het begin van dit artikel stelden we de vraag welke elementen van een maatschappelijk relevante handelingspraktijk voor leerlingen persoonlijk betekenisvol zijn, hoe we leerlingen met deze elementen in aanraking kunnen brengen en hoe deze elementen kunnen worden verbonden met natuurwetenschappelijke vakinhoud. We hebben getracht aan een antwoord op deze vraag bij te dragen door onderwijs te ontwikkelen en uit te proberen. Daarbij hebben we leerlingen met een medische handelingspraktijk in aanraking gebracht en voor leerlingen persoonlijk betekenisvolle elementen uit die medische handelingspraktijk getracht te verbinden met vakinhoudelijke kennis over de werking van het hart. Hiervoor was het noodzakelijk dat inhoudelijke motieven voor daaropvolgende meetactiviteiten werden geïnduceerd vanuit de medische handelingspraktijk.

Bij het uitproberen van het onderwijs bleek dat de manier waarop we in de aanvankelijke onderwijsactiviteiten leerlingen in aanraking brachten met elementen uit de medische handelingspraktijk, niet effectief was. Ondanks dat deze elementen voor de meeste leerlingen persoonlijk betekenisvol waren, induceerden ze op de door ons uitgetoetende wijze geen inhoudelijk motief voor het meten aan hart en bloedsomloop met een MBL. We hebben bovendien niet overtuigend waargenomen dat de medische handelingspraktijk deel uitmaakte van het ervaringsdomein van leerlingen. Daarmee droeg de medische handelingspraktijk niet bij aan het specificeren van de betekenis van de meetactiviteiten en de daarmee in verband staande wetenschappelijke vakinhoud. We hebben dus niet kunnen aantonen hoe een van te voren

gedefinieerde vakinhoud over de werking van het hart kan worden onderwezen vanuit de medische handelingspraktijk.

Een reflectie op het bestaande curriculum, het verloop van de lessen en het ontwikkelde lesmateriaal gaf ons inzicht in mogelijke oorzaken voor het niet tot stand komen van het onderwijs dat we voor ogen hadden. Omdat de hier gepresenteerde studie een *casestudy* is, kunnen we deze oorzaken niet generaliseren. We zijn echter wel op problemen gestuit waarvan we het vermoeden hebben dat ze herkenbaar zijn voor ontwikkelaars van probleemstellend onderwijs of onderwijs waarvan het de bedoeling is dat leerlingen vanuit contexten vakinhoudelijke kennis construeren. Het is daarom zinvol de oorzaken voor het niet tot stand komen van het verwachte onderwijs in een breder kader te plaatsen.

Natuurwetenschappelijke kennis en ervaringskennis van leerlingen

Latour en Woolgar (1986) hebben onderzocht hoe natuurwetenschappelijke kennis tot stand komt in de beroepspraktijk van wetenschappelijke onderzoekers. Hieruit blijkt dat natuurwetenschappelijke kennis voortkomt uit specifieke situaties die door de onderzoeker worden geselecteerd en gemanipuleerd. De onderzoeker maakt bovendien deel uit van een complexe sociale structuur die weer bepalend is voor de selectie en de manipulatie van situaties. Deze wetenschappelijke kennis kan worden toegepast in andere beroepspraktijken, zoals in ons geval de medische beroepspraktijk. Hier kunnen leerlingen vervolgens weer mee in aanraking komen in het dagelijkse leven. Op grond hiervan hebben leerlingen ervaringskennis van deze handelingspraktijken en daarin kunnen zich sporen van de oorspronkelijke natuurwetenschappelijke kennis bevinden. Echter, dit houdt niet in dat het leerlingen helpt om vanuit deze handelingspraktijken de oorspronkelijke natuurwetenschappelijke kennis te reconstrueren. In ons geval hebben we enkele moeilijkheden laten zien die daarbij naar voren kwamen. We denken dat deze moeilijkheden zijn terug te voeren op twee fundamentele problemen in het reconstructieproces van ervaringskennis (van leerlingen) met handelingspraktijken naar de natuurwetenschappelijke kennis die in deze handelingspraktijken wordt toegepast.

Het eerste probleem bestaat er uit dat er een verschil is in de aard van natuurwetenschappelijke kennis enerzijds de constructie in een natuurwetenschappelijke beroepspraktijk en anderzijds de toepassing in een beroepsgerichte of maatschappelijke handelingspraktijk. Dit noemt Latour (1987) het verschil tussen *science-in-the-making* en *ready-made science*. In ons onderwijs hebben we beide karakters van hetzelfde stuk natuurwetenschappelijke kennis aan de orde laten komen. We hebben namelijk de metingen aan het hart zowel gebruikt als manier om kennis over de werking van het hart te construeren (fysiologisch) als om de werking van het hart van een individu te controleren (medisch). In het laatste geval is het model voor de werking van het hart, zoals grafisch weergegeven in het Wiggers diagram, een gegeven dat niet ter discussie staat, terwijl in het eerste geval nog een model moet worden geconstrueerd. Dit probleem met de verschillende karakters van natuurwetenschappelijke kennis in verschillende beroepspraktijken (in dit geval: wetenschappelijk/fysiologisch vs. medisch) zal volgens ons altijd ont-

staan als je het onderwijs opbouwt vanuit een beroepsgerichte handelingspraktijk.

Het tweede probleem heeft te maken met de aard van de ervaringskennis die leerlingen construeren doordat ze in aanraking komen met een beroepsgerichte of maatschappelijk relevante handelingspraktijk waarin natuurwetenschappelijke kennis wordt toegepast. De vraag is of leerlingen de natuurwetenschappelijke kennis herkennen in of distilleren uit hun ervaringen met beroepsgericht of maatschappelijk relevante handelingspraktijken. Ervaringskennis is namelijk vooral gericht op praktisch nut en niet verklarend (Van Brakel en Van den Brink 1988). We kunnen daarom verwachten dat de ervaringskennis van leerlingen met beroepsgerichte of maatschappelijk relevante handelingspraktijken waarin natuurwetenschappelijke kennis wordt toegepast, meer gericht is op de toepassing dan op de inhoud van de natuurwetenschappelijke kennis. Dit is problematisch als we juist vanuit de toepassing de natuurwetenschappelijke kennis willen onderwijzen.

Probleemstellend onderwijs en handelingspraktijken

We hebben ons afgevraagd of we volgens de probleemstellende benadering vanuit een medische handelingspraktijk überhaupt hadden kunnen uitkomen bij onze van tevoren gestelde onderwijsdoelen. Uiteindelijk was het onze bedoeling dat leerlingen de epistemische en vakinhoudelijke kennis zouden construeren die hen in staat zou stellen een complexe grafiek zoals het Wiggers diagram te interpreteren. Vanuit een medische handelingspraktijk is epistemische kennis (science-in-the-making) van een dergelijk diagram niet relevant. Een arts interpreteert meetresultaten van patiënten door deze te vergelijken met standaard meetresultaten van gezonde personen (ready-made science). Het doel van deze interpretatie is om medisch afwijkende meetresultaten te identificeren. Uitzonderingen daargelaten, is het medisch niet relevant hoe de grafieken waarmee (al dan niet in gedachten) wordt vergeleken, door onderzoek tot stand zijn gekomen. Met andere woorden, het uiteindelijke lesdoel om leerlingen epistemische kennis te laten construeren over complexe grafieken zoals het Wiggers diagram, is niet verenigbaar met het starten vanuit een medische handelingspraktijk waarin de toegepaste kennis niet meer ter discussie staat.

Andersom redenerend hebben we ons afgevraagd welke lesdoelen we dan wel kunnen bereiken als we starten vanuit een medische handelingspraktijk en een probleemstellende benadering meer consequent toepassen. We denken dat probleemstellend onderwijs vanuit een handelingspraktijk die leerlingen kennen uit het dagelijkse leven leidt tot de constructie van kennis over die handelingspraktijk, maar niet direct tot de constructie van natuurwetenschappelijke kennis die in die handelingspraktijk wordt of kan worden toegepast. Leerlingen zouden in ons geval dan meer leren over hoe een arts metingen aan patiënten gebruikt om een diagnose te stellen en op grond daarvan een therapie voor te schrijven. Dergelijke onderwijsdoelen kunnen zinvol zijn, vooral als we in het natuurwetenschappelijk onderwijs het onderwijzen van competenties nastreven (zie bijvoorbeeld Boersma & Schermer 2001). Leerlingen leren dan namelijk hoe natuurwetenschappelijke kennis en methoden worden gebruikt in beroepsgerichte en maatschappelijk relevante handelingspraktijken. Maar de natuurwetenschappelijke kennis blijft in dat

geval min of meer impliciet. In ons geval zou het Wiggers diagram in een dergelijke aanpak een vaststaand gegeven blijven. Het modelkarakter en het totstandkomen van een dergelijke grafiek blijven dan grotendeels buiten beschouwing. Met dergelijke doelen voor ogen lijkt het ons inefficiënt om natuurwetenschappelijke kennis probleemstellend te onderwijzen vanuit een beroepsgerichte en maatschappelijk relevante handelingspraktijk.

Een belangrijke vraag is hoe we nu wel van contexten gebruik kunnen maken in het natuurwetenschappelijk onderwijs. Volgens ons is het vooraleerst van belang een duidelijk onderscheid te maken tussen de verschillende soorten contexten. Dit onderscheid zegt namelijk iets over de manier waarop we van die contexten gebruik kunnen maken.

Contexten ter verdieping en voorbereiding

In dit artikel hebben we vooral gesproken over beroepsgerichte en maatschappelijk relevante handelingspraktijken. Dit zijn contexten die niet noodzakelijkerwijs deel uitmaken van de leefwereld van leerlingen. Als zodanig moeten we er rekening mee houden dat de kennis van leerlingen over deze contexten beperkt is. Leerlingen moeten dus gelegenheid krijgen met verschillende elementen van dergelijke beroepsgerichte en maatschappelijk relevante handelingspraktijken kennis te maken. In dit kennismakingsproces is volgens ons geen plaats voor het tegelijkertijd *aanleren* van natuurwetenschappelijke begrippen die in die contexten worden toegepast. Maar de situatie is anders als leerlingen dit proces van aanleren al volbracht hebben. Het kan dan zinvol zijn dat ze zich verder verdiepen in de toepassing van natuurwetenschappelijke kennis in deze contexten. Hierdoor wordt namelijk de betekenis van de al aangeleerde begrippen nader gespecificeerd en van samenhang met een groter geheel voorzien (vergelijk Van Oers 1998).

Beroepsgerichte en maatschappelijk relevante handelingspraktijken kunnen ook *voorbereidend* werken bij het onderwijzen van natuurwetenschappelijke kennis. Het kan bijvoorbeeld op zich geen kwaad leerlingen iets te laten zien van de praktijk van een cardioloog voordat ze weten hoe het hart werkt. Van belang is dan wel dat het aanleren van de werking van het hart wordt gescheiden van de voorbereidende kennismaking met de praktijk van een cardioloog. Nadat leerlingen de werking van het hart hebben aangeleerd, kan de docent dan teruggrijpen op de toepassing van die kennis in de beroepspraktijk van een cardioloog. Dit proces kan ook worden gescheiden in de tijd. Leerlingen kunnen bijvoorbeeld in de basisvorming kennismaken met verschillende medische beroepen, waaronder die van een cardioloog. Hierbij staan dan alleen de verschillende competenties en de meer alledaagse kennis over die beroepspraktijken centraal. In het profiel Natuur en Gezondheid in de tweede fase kan hier dan op worden vervolgd, waarbij leerlingen zich verder verdiepen in de toepassing van al geleerde natuurwetenschappelijke kennis in die beroepspraktijken.

Overigens zien we in het proces van kennismaking met beroepsgerichte en maatschappelijk relevante handelingspraktijken mogelijkheden voor probleemstellend onderwijs. We gaven al aan dat met probleemstellend onderwijs vanuit beroepsgerichte en maatschappelijk relevante handelingspraktijken vooral wordt geleerd over die handelingspraktijken in plaats van over natuurwetenschappelijke kennis. In het geval van de medische handelings-

praktijk geval stellen leerlingen zich vragen als: *Waarom doet die dokter dat met dat instrument?*, *Ben ik zelf eigenlijk gezond?*, *Kunnen we dat nu meteen even testen?* Dergelijke vragen geven aanleiding tot het bestuderen van de beroepspraktijk van een cardioloog. Van belang is dan wel dat leerlingen daar gelegenheid toe krijgen, vanuit hun eigen voorkennis en ervaringen. We sluiten niet uit dat met een dergelijke geleidelijke opbouw van de medische handelingspraktijk, uiteindelijk biologische en fysiologische termen daarbinnen een betekenis zouden krijgen⁶. Maar in een probleemstellende opzet zou veel tijd uitgetrokken moeten worden om van vragen van leerlingen te komen tot de soort vragen die leiden tot het bestuderen van fundamentele biologische of fysiologische kennis.

Contexten bij het aanleren van natuurwetenschappelijke begrippen

Bij het *aanleren* van natuurwetenschappelijke kennis zijn contexten niet weg te denken. De vraag hierbij is niet *of* we contexten gebruiken, maar vooral *welke* contexten we gebruiken (Lijnse 1993). Vaak zijn deze contexten afgeleid van bepaalde natuurwetenschappelijke beroepspraktijken⁷, bijvoorbeeld wanneer klassieke experimenten – door leerlingen of door de docent – worden herhaald in de klas. Dergelijke contexten zouden we *didactische* contexten kunnen noemen. Deze contexten hebben als doel de betekenis van natuurwetenschappelijke begrippen te specificeren en samenhang aan te brengen met andere natuurwetenschappelijke begrippen en/of natuurverschijnselen. In de biologie zijn in de afgelopen jaren enkele voorbeelden gegeven van het gebruik van dergelijke contexten in probleemstellend en ontwerpelijk onderwijs (Janssen 1999, Knippels 2002, Verhoeff 2003).

In een vervolg op het hier beschreven experiment hebben we de medische context terzijde gelegd. Leerlingen starten nu met de vraag welke functie het hart heeft, waarbij 'functie' wordt gedefinieerd als 'bijdrage aan een capaciteit van een groter geheel' (Cummins 1975). De vraag is dan hoe het hart een bijdrage (functie) levert aan het circuleren van bloed (capaciteit) door de bloedsomloop (groter geheel). De context waarbinnen begrippen worden onderwezen zouden we 'fysiologisch-didactisch' kunnen noemen, waarbij we starten vanuit het begrippenkader dat leerlingen hebben geleerd in de basisvorming.

De voorkennis en ervaringen van leerlingen kunnen ook als een context worden opgevat, de zogenaamde leefwereldcontext. De leefwereldcontext leent zich bijzonder goed voor het starten van onderwijs. Essentieel daarbij is dat een probleem wordt geschetst dat herkenbaar is voor leerlingen, uitgaande van ervaringen en voorkennis. Uit een poging een dergelijk onderwijsleerproces vorm te geven, is oorspronkelijk het probleemstellend onderwijs ontwikkeld (Klaassen 1995).

De leefwereld van leerlingen bestaat niet alleen uit alledaagse, buitenschoolse ervaringen en de daarmee opgedane kennis. Integendeel, we moeten in het natuurwetenschappelijk onderwijs nastreven dat de in de klas opgedane ervaringen en kennis van leerlingen deel gaan uitmaken van hun leefwereld. In ons vervollexperiment gaan we daar ook van uit. We starten met het herhalen van de functie en werking van de bloedsomloop. Op die manier maken we gebruik van de voorkennis van leerlingen die ze eerder

hebben opgedaan in de basisvorming. We verwachten dat op die manier een heldere leerlijn ontstaat.

Correspondentie over dit artikel aan Michiel van Eijck, Universiteit van Amsterdam, Amstel Instituut, Kruislaan 404, 1098 SM Amsterdam. We willen Lydia Sevenster bedanken voor haar medewerking bij het uitproberen van de lessenserie *Meten aan je hart* in de klas. Kees Klaassen willen we bedanken voor zijn bijdrage aan een discussie over de resultaten van het onderzoeksproject *Meten aan je hart*, naar aanleiding waarvan dit artikel tot stand is gekomen.

Noten

1. 'Participatiegerichte contexten' kunnen worden opgevat als beroepsgerichte- en maatschappelijk relevante contexten.
2. Van Oers (1998) gebruikt hier niet het woord begrip waaraan een context betekenis geeft, maar het Engelse woord *sign* (teken, symbool, signaal). 'Tekens' in semiotische betekenis hebben een specifieke definitie, namelijk alle middelen die kunnen worden teruggevoerd op verschillende betekenissen die mensen eraan toekennen, zoals symbolen, teksten, afbeeldingen of gesproken woorden. Een 'begrip' is een gesproken of geschreven woord en is dus een voorbeeld van een 'teken' in semiotische betekenis.
3. De term *relatienet* roept associaties op met het begrip *conceptmap* (Novak 1990). Terecht, want een conceptmap is een instrument om relatienetten van leerlingen zichtbaar te maken. Kaper (1997) heeft bijvoorbeeld aan de hand van gesprekken van scheikunde-studenten *conceptmaps* gemaakt om inzicht te krijgen in hun relatienet in het domein thermodynamica.
4. Hiermee worden contexten bedoeld die vaak aan de wetenschap of haar studieobjecten zelf zijn ontleend, zoals natuurverschijnselen en klassieke experimenten.
5. De leerling die dit zei, voert niet echt een medische reden aan voor het meetresultaat. Hij zegt immers niets over de inhoud van het *meetresultaat*. Aan de andere kant voert hij wel een correcte (maar vrij onwaarschijnlijke) medische reden aan voor specifiek deze *meetmethode*.
6. Doorredenerend kan uit het hier beschreven experiment ook worden geconcludeerd dat leerlingen te weinig gelegenheid hebben gekregen om vanuit hun eigen voorkennis en ervaringen kennis te maken met de beroepspraktijk van een cardioloog. Daardoor had de biologische en fysiologische kennis die daarin wordt toegepast, nog te weinig betekenis voor ze om een inhoudelijk motief te induceren voor verdere bestudering ervan.
7. Merk op dat hier de natuurwetenschap, dus datgene waar natuurwetenschappelijke kennis uit voortkomt, overigens net als in noot 4, gezien wordt als een context. Doorredenerend kunnen we ook de natuurwetenschap opvatten als een handelingspraktijk en trachten leerlingen deel uit te laten maken van deze handelingspraktijk. Dit is precies wat Roth (1995) heeft nagestreefd in het vormgeven van zijn onderwijs.

English Summary

A problem-posing approach to teaching the topic of the working of the heart starting from a medical 'context'?

The use of (professional) contexts is commonly seen as a way to make educational content knowledge more relevant to students. However, current teaching materials show that the content knowledge to be taught does not fit well with the (professional) contexts considered. The central question of this study is, therefore, how the working of the heart can be taught by starting from a medical context. We tried to answer this question by designing teaching materials for upper level biology education (11th grade, 16-17 years old). We intended to induce a motive for measuring heart and blood circulation with a Microcomputer-Based Laboratory (MBL), departing from elements of

the medical praxis. However, while testing these teaching materials we observed that the medical praxis did not function likewise. Students only talked about the physiological meaning of the measurement results, about the 'goodness' of the obtained graphs, or about task-related issues. We think the causes for this are a result of the existing curriculum, the course of the lessons, and the teaching materials. According these local causes we draw some implications for biology education.

Literatuur

- Boersma, K. Th. & Schermer, A., (2001). Ontwikkeling van een nieuw biologieprogramma in de 21^{ste} eeuw. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 18, 19-40.
- Boersma, K.Th. (2001). Het biologieprogramma van de 21^e eeuw. *NVOX*, 26, 312-317.
- Commissie Onderwijs van de Biologische Raad (2003). *Biologieonderwijs: een vitaal belang. Advies van de Biologische Raad*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.
- Commissie Vernieuwing Scheikunde HAVO en VWO (2003). *Chemie tussen context en concept. Ontwerpen voor vernieuwing*. Enschede: SLO.
- Cummins, R. (1975). Functional analysis. *Journal of Philosophy* 72, 741-765.
- Eijkelhof, H. M. C. (1990). *Radiation and risk in physics education*. Utrecht: CD- β Press.
- Goedhart, M. J. (1990). *Metten: normen en waarden*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Goedhart, M. J. (2004). Contexten en concepten: een nadere analyse. *NVOX*, 29, 186-190.
- Goedhart, M. J., Kaper, W. H. & Joling, E. (2001). Het gebruik van contexten in het natuur- en scheikundeonderwijs. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 18, 111-139
- Hooymayers, H. P., Lijnse, P. L. & De Vos, W. (1989). *Natuurkunde en Scheikunde*. Leiden: Martinus Nijhoff.
- Janssen, F. J. J. M. (1999). *Ontwerpend leren in het biologieonderwijs. Uitgewerkt en beproefd voor immunologie in het voortgezet onderwijs*. Utrecht: CD- β press.
- Kaper, W. H. & Ten Voorde, H. H. (1991). Problemen in de begripsontwikkeling in relatie tot de aanpak van docent en studieboek-schrijver. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 9, 3-28
- Kaper, W. H. (1997). *Thermodynamica leren onderwijzen*. Utrecht: CD- β Press.
- Klaassen, C. W. J. M. (1995). *A problem-posing approach to teaching the topic of radioactivity*. Utrecht: CD- β Press.
- KNAW-klankbordgroep Voortgezet Onderwijs (2003). *Ontwikkeling van talent in de tweede fase*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.
- Knippels, M.-C. P. J. (2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: The yo-yo learning and teaching strategy*. Utrecht, CD- β press.

- Latour, B. & Woolgar, S. (1986). *The construction of scientific facts*. Princeton, N.J., Princeton University Press.
- Latour, B. (1987). *Science in Action: how to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- Lijnse, P. L. (1993). Natuurkunde leren in context: een tautologie? In: D. G. B. J. Dieks, D. van Genderen, E. Holl & P. L. Lijnse, *Vier visies op natuurkundeonderwijs* (p. 21-31). Utrecht: Centrum voor Didactiek van Wetenschap en natuurwetenschappen.
- Lijnse, P. L. (2002). Op weg naar een didactische structuur van de natuurkunde? *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 19, 62-92.
- Lijnse, P. L. (2003). Developmental research: Its aims, methods and outcomes. In: Krnel, D. (ed.) *Proceedings of the Sixth European Science Education Research Association (ESERA) Summerschool*, 12-24. Ljubljana: University of Ljubljana,
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 937-949.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science - knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Dordrecht: Kluwer.
- Roth, W.-M., Bowen, G. M., & McGinn, M.-K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 977-1019.
- Silbernagl, S. (1998). *Sesam Atlas van de fysiologie*. Baarn: Bosch & Keuring.
- Van Aalsvoort, J. (2000). *Chemistry in products*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Van Brakel, J. & Van den Brink, J. T. (1988). *Filosofie van de wetenschappen*. Muiderberg: Dick Coutinho.
- Van der Valk, A. E. (1992). *Ontwikkeling in energieonderwijs*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Van Eijck, M., Goedhart, M., & Ellermeijer, T. (2003a). 'Logging the heart': towards a strategy for teaching proximate explanations in upper level biology education. Paper gepresenteerd op de 4^e ESERA Conferentie, Noordwijkerhout, Nederland.
- Van Eijck, M., Goedhart, M., & Ellermeijer, T. (2003b). Meten, lijntje trekken, klaar! *Niche*, 34(2), 12-17.
- Van Eijck, M., Ellermeijer, T., & Goedhart, M. (2003). The use of quantitative data in upper level biology education. In J. Lewis, A. Magro & L. Simonneaux (Eds.), *Biology Education for the Real World. Student – Teacher – Citizen. Proceedings of the IVth ERIDOB Conference*. (pp. 59-73). Toulouse: Ecole National de Formation Agronomique.
- Van Eijck, M., Goedhart, M. & Ellermeijer, T. (2002). Meten aan hart en bloedsomloop met Coach... en dan? *NVOX*, 27, 3-7.
- Van Genderen, D. (1989). *Mechanica - onderwijs in beweging*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht
- Van Oers, B. (1998). From context to contextualizing. *Learning and Instruction*, 8, 473-488
- Verhoeff, R. P. (2003). *Towards systems thinking in cell biology education*. Utrecht: CD- β Press.