

MET COACH KUN JE OP EEN SNELLE EN EENVOUDIGE MANIER METEN AAN HART EN DE BLOEDSOMLOOP. DAAR-
OVER IS AL EERDER GERAPORTEERD¹. LEERLINGEN VINDEN DERGELIJKE PRACTICA MEESTAL INTERESSANT OMDAT
HET OVER HUN EIGEN LICHAAM GAAT. ALS DOCENT KUN JE DE INDRUK KRIJGEN DAT LEERLINGEN DAN VEEL
LEREN. ZE ZIJN IMMERS GEMOTIVEERD BEZIG EN ZE PRATEN AF EN TOE VOL VUUR OVER WAT ZE METEN. MAAR
WAT WORDT DAARVAN GELEERD? EN HOE KUN JE HET LESMATERIAAL ZODANIG VORMGEVEN DAT DIE MOMENTEN
OPTIMAAL WORDEN BENUT? DAARTOE IS EEN GROEP 4VWO-LEERLINGEN GEVOLGD TIJDENS HET EXPERIMENTE-
REN MET COACH. HIER DOEN WE VERSLAG VAN DAT EXPLORERENDE ONDERZOEK.

METEN AAN HART EN BLOEDSOMLOOP MET COACH... EN DAN?

HART EN BLOEDSOMLOOP IN BASISVORMING EN TWEDE FASE

Hart en bloedsomloop worden nauwelijks met naam en toenaam genoemd in de kerndoelen basisvorming 1998-2003. Maar een aantal kerndoelen vraagt wel om een expliciete bespreking van het cardiovasculair systeem (zie tabel 1). In de praktijk komen hart en bloedsomloop vrij uitgebreid aan de orde in de basisvorming. In schoolboeken worden bouw en functie van het hart en de bloedsomloop vrijwel altijd behandeld. Schematische figuren van een dwarsdoorsnede van het hart en de dubbele bloedsomloop ontbreken zelden. In de teksten wordt vaak het verband met conditie, ziekte en gezondheid benadrukt.

De eindtermen van de Tweede Fase VWO biologie noemen hart en de bloedsomloop in de verschillende domeinen wel expliciet (zie tabel 2). En in Tweede Fase-schoolboeken komt de bouw en werking van hart en bloedsomloop meestal zeer gedetailleerd aan de orde. Het lijkt uitdrukkelijk de bedoeling dat leerlingen een goed overzicht hebben van de belangrijkste functioneel-morfologische en fysiologische concepten van het cardiovasculair systeem en dat ze gegeven empirische details daarin op juiste wijze kunnen plaatsen of kunnen toepassen. Leerlingen moeten voor het eindexamen een aantal figu-

ren uit Binas of Biodata kunnen raadplegen, zoals bijvoorbeeld anatomische figuren van hart en bloedsomloop, bloeddrukverloop in haarvaten en zuurstofverzadigingskrommen.

METEN AAN HART EN BLOEDSOMLOOP MET COACH

Met Coach kunnen leerlingen eenvoudig aan empirische gegevens over hun hart en de bloedsomloop komen. Je kunt een ECG opnemen, de relatieve doorbloeding van de oorlel meten en de intensiteit van de hartgeluiden registreren (zie box). De resultaten worden daarbij onmiddellijk in een tabel of grafiek weergegeven. Leerlingen beleven veel plezier aan dit soort practica. De resultaten zijn 'echt' en het gaat over hun eigen lichaam. Al gauw komt dan een wetenschappelijke nieuwsgierigheid voor den dag en zijn ze bezig met het interpreteren van de resultaten. Leerlingen gaan spontaan onderling vergelijken en ze stellen snel vragen over conditie, gezondheid en ziekte. "Is dit normaal?", is een veel gehoorde uitspraak bij metingen aan hart en bloedsomloop met Coach. Dit biedt aanknopingspunten om een relatie te leggen met vakinhoud over hart en bloedsomloop.

Wat we ons hebben afgevraagd, is hoe empirische gegevens zoals leer-

- 6b De leerlingen kunnen wat betreft conditie houding en beweging aan de hand van voorbeelden beschrijven wat er gebeurt bij overbelasting, beweging, rust en training;
- 8a De leerlingen kunnen wat betreft stofwisseling in afbeeldingen de samenwerkende organen noemen die bij de stofwisseling van belang zijn en de ligging ervan bij zichzelf aanwijzen; zij kunnen de functie ervan beschrijven door globaal naar relevante stofwisselingsprocessen te verwijzen;
- 8e De leerlingen kunnen wat betreft stofwisseling beschrijven hoe opname, verspreiding en gebruik van zuurstof verloopt;
- 8f De leerlingen kunnen wat betreft stofwisseling beschrijven hoe de kans op hart- en vaatziekten verkleind kan worden.

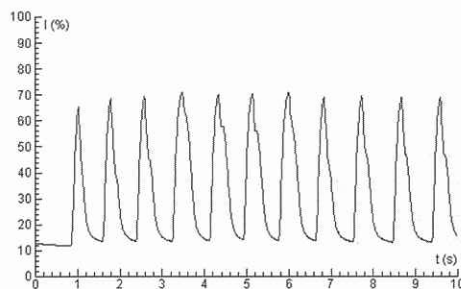
Tabel 1 Kerndoelen basisvorming 1998-2003 die te maken hebben met het cardiovasculair systeem

- 16 De leerlingen kunnen functie(s) van organen bij de mens aangeven; in het bijzonder:
- transport;
- 97 De leerlingen kunnen aangeven welke organen en/of weefsels de mens heeft voor transport.
- 107 De leerlingen kunnen met behulp van anatomische informatie het verband aangeven tussen bouw, werking en functie van het hart en het bloed- en lymfevatenstelsel, in het bijzonder:
- grote en kleine bloedsomloop;
 - slagaders;
 - haarvaten;
 - aders;
 - lymfevatenstelsel;
 - hart.

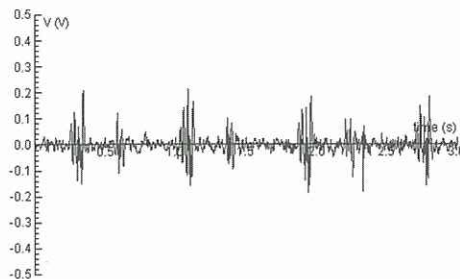
Tabel 2 Eindtermen Tweede Fase Biologie 1, 2 VWO die te maken hebben met het cardiovasculair systeem

Metten aan hart en bloedsomloop met Coach

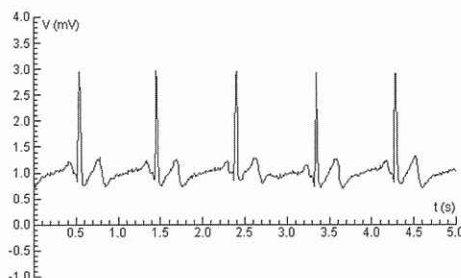
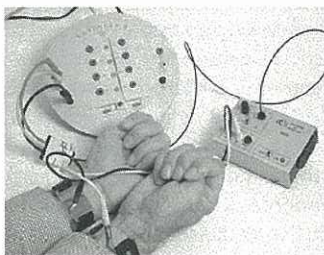
Om in Coach metingen aan hart en bloedsomloop te kunnen doen, kunnen we gebruik maken van drie verschillende sensoren. Hieronder staan de gebruikte sensoren en voorbeelden van door leerlingen gemaakte grafieken met Coach.



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, geïnverteerd en gefilterd.



Voor het registreren van de harttonen wordt een microfoon met adapter op de borst gezet.

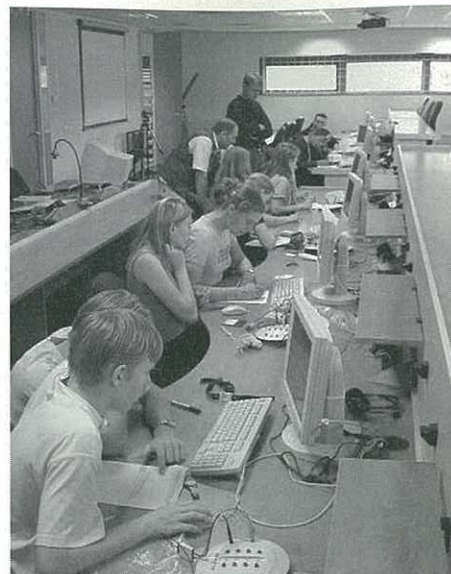


De ECG-set bestaat uit een filter/versterker, banden voor de twee pols-elektroden en geleidingspasta. De uitgang van de versterker is een LED. Via een lichtsensor wordt het signaal naar de computer gevoerd. Deze optische koppeling garandeert de veiligheid van de proefpersonen.

lingen die met Coach over hart en bloedsomloop verkrijgen, nog meer een rol kunnen spelen in het biologie-onderwijs. Om daarvan een idee te krijgen, zijn we begonnen met het volgen van een groep leerlingen bij het doen van metingen aan hart en bloedsomloop met Coach.

EEN MIDDAG IN DE STUDIO CLASSROOM

Op het AMSTEL instituut hebben we de beschikking over de *Studio Classroom*. Dat is een zaal met collegebanken, waar elke koppel toehoorders achter zich een tafel computer heeft (zie figuur 1). Zolang de docent iets uitlegt, kunnen leerlingen niet naar de computer kijken zonder zich om te draaien. Het effect is dat de leerlingen tijdens de instructie niet afgeleid worden door de computer. Een dergelijke zaal kunnen we alle scholen van harte aanbevelen. Het maakt het werken met computers namelijk een stuk makkelijker voor docenten. Uiteraard hebben we op het AMSTEL instituut de beschikking over



Figuur 1 Leerlingen aan het werk in de Studio Classroom

alle Coach faciliteiten en er zijn ervaren docenten om hulp te bieden. Dit maakt het voor ons relatief eenvoudig om niet alleen innovatieve leermiddelen uit te proberen, maar om daarnaast ook te onderzoeken in hoeverre dergelijke leermiddelen werken.

We hebben aan het eind van het schooljaar 2000-2001 een groep van 16 leerlingen uit de vierde klas van het VWO van het Montessori Lyceum Amsterdam uitgenodigd, om in het kader van 'een werkmiddag op de universiteit' metingen te verrichten aan het hart en de bloedsomloop. Deze groep moest nog het onderwerp hart en bloedsomloop krijgen in de Tweede Fase van het VWO (vaak ergens in het begin of halverwege de vijfde klas). De deelname was facultatief, er stond geen cijfer tegenover en ze wisten dat wij wilden onderzoeken op welke wijze zij de opdrachten uitvoerden.

WAT WISTEN DE LEERLINGEN NOG (NIET) VAN HART EN BLOEDSOMLOOP?

Wat wisten de leerlingen nog van de basisvormingskennis aan het eind van de vierde klas na twee jaar basisvorming en één jaar tweede fase? En wat weten ze al van het hart en de bloedsomloop zonder dat dat aan de orde is geweest in de basisvorming? Ook

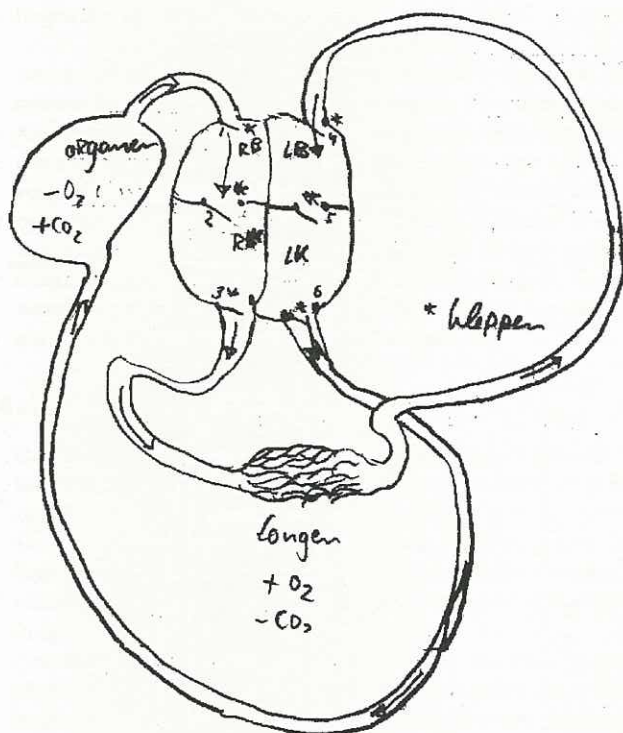
daarover wilden we meer duidelijkheid krijgen. We hebben daarom voorafgaand aan de werkmiddag de leerlingen een voorkennistoets gegeven over hart en bloedsomloop in het algemeen (basisvormingsniveau) en meer specifiek over concepten die gerelateerd zijn aan de Coach-experimenten, zoals ECG, bloeddruk en harttonen. Er is inmiddels heel wat onderzoek gedaan naar opvattingen van leerlingen over het hart en de bloedsomloop². Er zijn enkele alternatieve opvattingen die eruit springen en die de meeste docenten wel zullen herkennen:

- De bloedsomloop is een (gedeeltelijk) open systeem;
- Het hart heeft extra functies, zoals gaswisseling, zuivering, opslag of productie van bloed;
- Het hart bestaat uit één kamer of drie kamers;
- Binnen het hart bestaat er een open verbinding tussen de linker en de rechter harthelft.

Bij het leren van kennis over hart en bloedsomloop kunnen deze

opvattingen een rol spelen. Vandaar dat we benieuwd waren of leerlingen ze hadden.

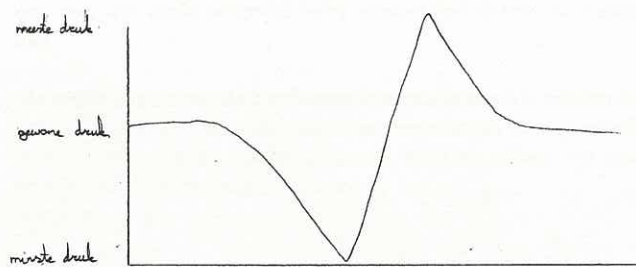
In de voorkennistoets hebben we leerlingen gevraagd een dwarsdoorsnede van het hart *natuurgetrouw* te tekenen en daarin de getekende onderdelen te benoemen. Opvallend is dat de meeste leerlingen *schematische* tekeningen maakten zoals in figuur 2. Blijkbaar werd daar in de basisvorming nogal de nadruk op gelegd. Ondanks dat schema's het makkelijker zouden moeten maken de functioneel-morfologische concepten te leren beheersen, heeft dat hier niet helemaal goed gewerkt. De harten werden zodanig getekend dat ons niet duidelijk was hoe het bloed er doorheen gepompt zou moeten worden. Op de vraag wat er in het hart gebeurt tijdens een hartslag laat het volgende antwoord fraai twee alternatieve opvattingen zien: "Je hart krimpt samen en pompt daardoor het bloed door je lichaam. Je bloed 'loopt' van de kamer naar de boezem (of andersom) en gaat dan door een dunne wand naar de andere kant van het hart. Er wordt toch zuurstof aan toegevoegd?" In het volgende voorbeeld geeft een leerling als antwoord op dezelfde vraag spontaan een overzicht van het cardiovasculair systeem. Van alle antwoorden was dit het meest gedetailleerd en consistent: "Zuurstof-arm bloed gaat via je slagader de rechterboezem in, dan komt het door de klep in je rechterkamer. Je rechterkamer knijpt het bloed met een grote vaart,



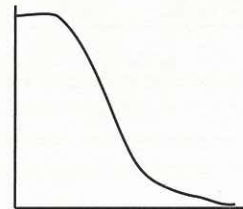
Figuur 2 Door een leerling gemaakte tekening van het hart.

door je aderen, naar je longen. het zuurstofrijke bloed komt vanuit je longen naar je hart via een slagader. Daar komt het bloed in je linker boezem, waarna het bloed door de klep in je linker kamer komt. Je linker kamer knijpt vervolgens het zuurstofrijke bloed door je hele lichaam." Opmerkelijk in beide voorbeelden is de mate waarin leerlingen het woord 'je' gebruiken als ze het over lichaamsdelen hebben. Zou dit illustratief zijn voor de grote mate van betrokkenheid?

De algemene indruk die we krijgen van de antwoorden van de leerlingen, is dat de basisvorming niet bij iedere leerling een even solide basis legt voor vakinhoud zoals die in de Tweede fase aan de orde komt in Biologie 2. Een voorkennistoets zou een manier kunnen zijn om de aanwezige basiskennis te inventariseren of te activeren. Leerlingen zijn daar trouwens erg over te spreken: "Wat je gedaan hebt is goed, eerst voorkennis vragen en dan dit [de metingen]. Dit is een goede methode vinden wij".



Figuur 3 Door leerlingen gemaakte tekeningen van het bloeddrukverloop aan het begin van de aorta tijdens één hartslag.

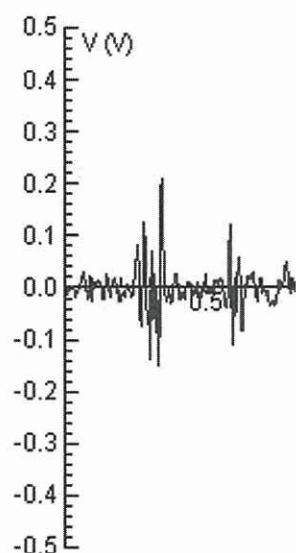
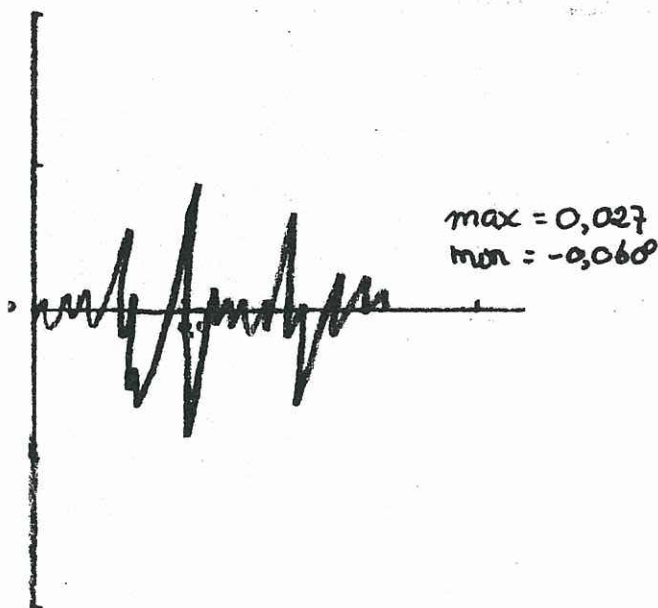


Leerlingen hebben weinig voorkennis over vakinhoud die te maken heeft met de metingen die ze zouden gaan uitvoeren. Dat is niet verbazingwekkend, want ze hebben daarover weinig geleerd in de basisvorming. Een aantal leerlingen kende het begrip ECG wel van TV. Maar ze refereren meestal aan het apparaat waarmee het gemeten wordt in plaats van de karakteristieke figuur die ermee gegenereerd wordt. Over harttonen en bloeddruk liepen de antwoorden uiteen. Als voorbeeld geven we enkele tekeningen van leerlingen naar aanleiding van de vraag om een grafiek te tekenen waarin te zien is hoe de bloeddruk varieert met een hartslag (zie figuur 3). Daaruit blijkt dat er voor leerlingen heel veel valt te leren zodra ze gaan meten aan hart en bloedsomloop!

"WE DOEN DE ECG PROEF, DAARMEE MEET JE JE HARTSLAG IN JE POLS"

Metten aan het eigen lichaam gaat met Coach nogal vlot: binnen een kwartier na de instructie kwamen de eerste resultaten al op het scherm. Het is niet eenvoudig voor leerlingen om die signalen te interpreteren en om vervolgens te leren welke processen en structuren ten grondslag liggen aan die signalen. Nog moeilijker is het om een relatie te leggen tussen het signaal en bijvoorbeeld een begrip als gezondheid. Probeer maar eens een collega zo nauwkeurig mogelijk uit te leggen wat we meten met een ECG en wat we uit de vorm van een ECG kunnen afleiden over de werking van het hart en over onze gezondheid. Dan begrijp je al snel dat het voor een leerling al helemaal niet makkelijk is om dit te leren. Dit komt omdat er drie verschillende complexe zaken bij betrokken zijn: de gemeten signalen, de processen die de signalen veroorzaken en het begrip 'gezondheid'. Er komt dus veel bij kijken om leerlingen het verband te leren inzien tussen enerzijds de werking van het hart en bloedsomloop (zoals ze kunnen leren in hun boek) en anderzijds signalen die ze hebben gemeten aan hart en bloedsomloop, zoals bijvoorbeeld het ECG (dat ook vaak staat afgebeeld in hun boek).

Tijdens het meten moesten de leerlingen een kort verslag maken aan de hand van een aantal vragen. Zo hebben we de leerlingen na het lezen van de instructie (die vooraf ging aan het meten) gevraagd wat ze gaan meten. De titel van deze alinea is een typisch antwoord van een leerling. Opvallend is dat ze hiermee het doel van de meting aangeven en niet refereren aan het signaal dat of de grootte die gemeten wordt of de eenheid waarin die grootte wordt gemeten. We hebben vervolgens wat specifiekier naar de grootheden en eenheden gevraagd waarvan de symbolen bij de assen van de grafieken staan. Niet alle leerlingen begrepen welke grootheden daarmee bedoeld werden. Zo gaf een leerling bij de harttonen aan dat daar 'volume' wordt gemeten, terwijl hiermee het voltage dat de microfoon afgeeft wordt bedoeld. Voor een goede interpretatie van het signaal lijkt het ons dus belangrijk dat leerlingen leren nagaan welke grootte wordt gemeten, in welke eenheden wordt gemeten en waarom die grootte wordt gemeten.



Figuur 4 De vraag om een representatief deel van de grafiek over te tekenen dat het verloop van het signaal gedurende de tijdsduur van drie hartslagen laat zien, is niet voor alle leerlingen even makkelijk te beantwoorden. Een deel van de Coach-grafiek waar de leerling van moest overtekenen is er ter vergelijking eronder gezet. De leerling heeft alleen de eerste 0,1 seconde van de grafiek overgetekend waarin drie kleine pieken zichtbaar waren. Hierin waren voor de leerling blijkbaar drie hartslagen zichtbaar. Let op de aanduiding van de minimale en maximale waarden rechtsboven in de tekening van de leerling.

We wilden weten of leerlingen in staat waren in hun meetresultaten drie opeenvolgende hartslagen te herkennen. Daarom hebben we gevraagd een representatief deel van de grafiek waarin ze drie hartslagen konden herkennen van het beeldscherm over te tekenen. Dat gaf meteen een indruk van wat leerlingen onder representatief verstaan. Later hebben we de tekeningen vergeleken met de opgeslagen meetresultaten. Dat niet alle leerlingen als vanzelf drie hartslagen in het signaal herkennen, blijkt uit figuur 4. De leerling heeft hier een heel ander deel overgenomen dan het deel dat representatief is voor drie hartslagen. Overigens waren er maar twee leerlingen die hier niet in slaagden. Maar omdat het kunnen interpreteren van het signaal zo belangrijk is voor het verdere verloop van het practicum, willen we het hier toch aanhalen.

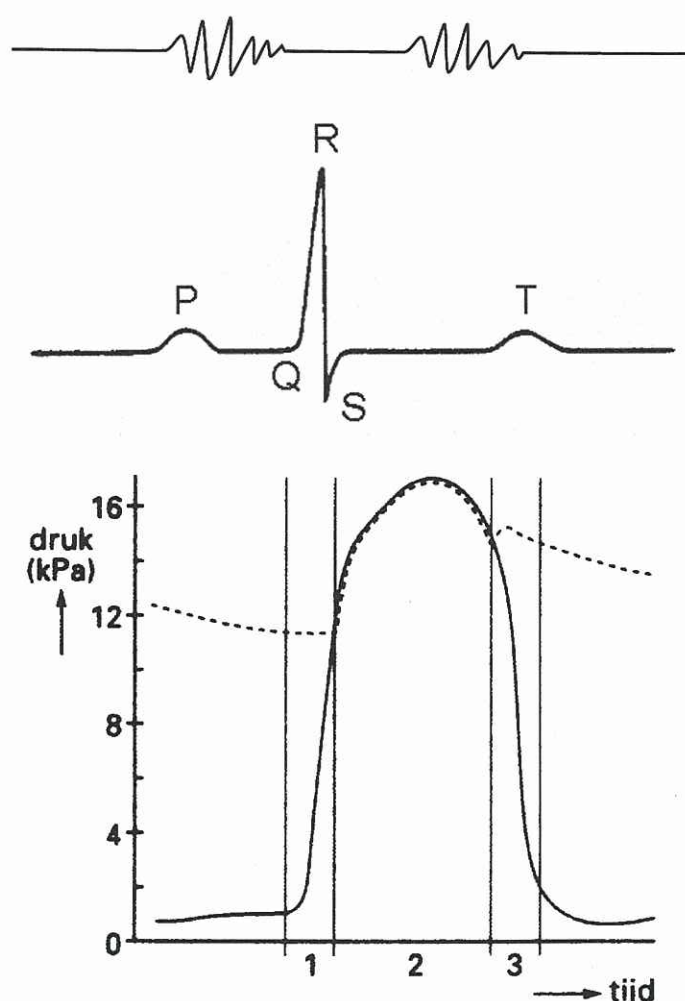
We wilden nagaan tot in welk detail leerlingen konden verklaren wat ze hadden gemeten. Bij de Coach-activiteiten zaten teksten waar een vrij gedetailleerde oorzakelijke verklaring voor het gemeten signaal werd gegeven. Hier werden ze in het lesmateriaal op gewezen. Nadat leerlingen hun metingen hadden uitgevoerd en de verklarende teksten hadden gelezen, hebben we nogmaals gevraagd zo nauwkeurig mogelijk te beschrijven wat ze hadden gemeten. De resultaten hiervan zijn intrigerend. De antwoorden van de leerlingen liepen namelijk erg uiteen. Leerlingen kunnen verwijzen naar het doel van de meting, naar de oorzaak van het signaal of naar de grootheden die gemeten zijn. Anders gezegd: als antwoord op de vraag wat je bij een ECG meet is "We hebben de hartslag in onze pols gemeten" minstens zo correct als "we hebben spanningsverschillen tussen de pols gemeten". Het 'juiste' antwoord wordt blijkbaar bepaald door wat we

beogen dat leerlingen van dit soort experimenten leren.

We hebben gevraagd of leerlingen onderlinge verschillen in de gemeten signalen konden aangeven en naar de verklaringen die ze voor die verschillen gaven. Leerlingen bleken die verschillen vrij nauwkeurig aan te kunnen geven en de gegeven verklaringen daarvoor zaten vaak in de goede richting: "De gevoeligheid van de apparatuur, de lichaamshouding en ook de houding van de polsen"; "Hoe rustig je zit, of je je polsen stilhoudt, enz." "Ze had meer geleidende gel en bewoog minder"; "We waren minder zenuwachtig"; "Bij ons zat er waarschijnlijk meer vet tussen". Opvallend is dat leerlingen deze lichaamsmerken wel noemen, maar dat ze nog niet aangeven hoe die de verschillen in meetresultaten veroorzaken.

In schoolboeken staan vaak schematische figuren die enorm kunnen afwijken van wat leerlingen in de klas bij practica meten. We hebben leerlingen na het doen van de metingen dergelijke figuren voorgelegd (zie figuur 5) en gevraagd welke verschillen en overeenkomsten er zijn met hun meetresultaten. Daarbij hebben we ook gevraagd de verschillen te verklaren.

Wederom waren de leerlingen goed in staat aan te geven welke verschillen en overeenkomsten er waren tussen de ideaalfiguren en hun eigen metingen. Maar in tegenstelling tot de verklaringen voor de



Legenda:

- drukverloop in de linker kamer
- - - - - drukverloop in de aorta

Figuur 5 Enkele voorbeelden van figuren uit schoolboeken zoals die ook aan leerlingen voorgelegd zijn.

onderlinge verschillen liepen de antwoorden hier veel meer uiteen en zaten de verklaringen minder vaak in de goede richting. Geen der leerlingen gaf bijvoorbeeld aan dat de figuren in schoolboeken zijn 'gladgestreken' voor de duidelijkheid, terwijl hun eigen meetresultaten veel meer recht doen aan de 'werkelijkheid'. Het lijkt me belangrijk dat we

ze dit leren bij dit soort practica, willen ze een goed beeld krijgen van het tot stand komen van grafieken zoals in hun schoolboeken staan. Een ander interessant punt is dat leerlingen aangaven dat de apparatuur die zij gebruikten gevoeliger is voor storingen dan de apparatuur waarmee de 'gladgestreken' grafieken uit schoolboeken zijn gemeten. Ondanks dat dat in deze context geen juiste verklaring is, is dit in een andere context zeer relevant. Uit het antwoord blijkt namelijk dat ze wellicht goed weten aan te geven waarom bijvoorbeeld in het ziekenhuis Coach niet wordt gebruikt om een ECG op te nemen. Kortom, door de juiste vragen op het juiste moment te stellen, kunnen we *situationele* vakinhoudelijke kennis naar boven halen en generaliseren. We doen daarmee recht aan opvattingen van leerlingen die op het eerste gezicht onjuist lijken.

Weten leerlingen welke vakinhoudelijke kennis op grond van dit soort metingen tot stand is gekomen en hoe die wordt toegepast in bijvoorbeeld een medische context? We hebben getracht een antwoord op die vraag te vinden door te vragen wat je kan zeggen over de gezondheid of over de werking van het hart en de bloedsomloop op grond van metingen die vergelijkbaar zijn met hun metingen. De volgende voorbeelden van antwoorden zijn kenmerkend: "Volgens mij duiden hogere tonen op een betere gezondheid, het hart doet dan heel actief z'n werk en functioneert dus optimaal"; "Door stress en opwinding en ziekte gaat het hart onregelmatig slaan. Als het geluid niet goed is kan het zijn dat het bloed niet goed is". De antwoorden lopen enorm uiteen en zijn niet altijd even 'juist'. Wat dat betreft kunnen we leerlingen nog heel wat leren.

Dat de antwoorden uiteenlopen, is eigenlijk niet verrassend. In feite hebben we de leerlingen gelegenheid gegeven hypothesen te genereren op grond van waarnemingen en voorkennis. Het is bemoedigend dat ze dan met allerlei ideeën komen aanzetten. Een logische vervolgstap is dat leerlingen leren hun hypothesen te toetsen. En dat kan op verschillende manieren. Je zou bijvoorbeeld leerlingen afwijkende ECG's van patiënten met een hartritmestoornis kunnen laten vergelijken met ECG's van gezonde mensen. De leerling die in bovenstaande opmerking aangeeft dat het hart door ziekte onregelmatig gaat slaan, zal dan zijn vermoeden bevestigd zien.

AANKNOPINGSPUNTEN

Coach maakt metingen aan hart en bloedsomloop eenvoudig in de klas uit te voeren. Een ECG en grafieken van de doorbloeding van de oorlel en de sterkte van de harttonen verschijnen snel op het scherm. Deze toepassing van ICT is wat dat betreft een verrijking voor het biologieonderwijs. De vraag was nu welke rol dergelijke metingen kunnen spelen in het biologieonderwijs. Dit onderzoek biedt al wat aanknopingspunten.

Aan de hand van dit soort practica kunnen we leerlingen leren empirische gegevens te interpreteren. In dit geval kunnen we ze bijvoorbeeld leren een relatie te leggen tussen het gemeten signaal en de lichaamsprocessen die synchroon daarmee plaatsvinden. Daarbij kan het leren van vakinhoudelijke kennis over bijvoorbeeld hart en bloedsomloop gecombineerd worden met het leren van vaardigheden zoals bijvoorbeeld informatievaardigheden, technisch-instrumentele vaardigheden en onderzoeksvaardigheden.

Een ander leerdoel kan zijn dat leerlingen leren inzien hoe dergelijke metingen iets kunnen zeggen over de conditie van (onderdelen van) het lichaam en hoe dit kan worden toegepast in bijvoorbeeld de geneeskunde. Ook dit is een behoorlijke opgave waar wederom veel kennis en vaardigheden aan bod komen. Maar tegelijkertijd met dit leerdoel moeten we leerlingen behoeden voor de ongewenste situatie dat ze denken bij zichzelf een of ander hartfalen te hebben aangetoond met Coach. Daartoe moeten ze leren inzien hoe nauwgezet empirische gegevens moeten worden verkregen, als we aan de hand van die gegevens ondubbelzinnige uitspraken willen doen over onze gezondheid.

Met dank aan Paul Mijzen die er voor gezorgd heeft dat zijn leerlingen aan het eind van het vorige schooljaar nog een middag op het AMSTEL instituut wilden komen werken en Johan van de Ridder die

ons met veel deskundigheid heeft geassisteerd tijdens de werkdag.

Meer informatie over de hier besproken producten is te vinden op de website van CMA: <http://www.cma.science.uva.nl>. Een gedetailleerdere indruk van de *Studio Classroom* kunt u krijgen via <http://www.science.uva.nl/amstel/Classroom> **X**

REFERENTIES

1. Dolsma, K. (1994) Zelf een ECG maken. *NVOX* 19 (2): 72
Dirks, H. en K. Dolsma (1994) Praktische tip - Hartslag en bloeddruk. *Bulletin voor het onderwijs in de biologie* 25 (153): 234
2. Arnaudín, M. W. en Mintzes, J. J. (1986) The cardiovascular system: children's conceptions and misconceptions. *Science and Children*, 23 (5): 48-51.
Arnaudín, M. W. en Mintzes, J. J. (1985) Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69: 721-733.
Porter, C. S. (1974) Grade school children's perceptions of the internal body parts. *Nursing Research*, 23: 384 - 391.