

Our theories about the universe may have to be mathematical, then, not because Nature 'speaks' that way but because this is the way which over a long period of time we have found it best to 'listen'. – David Malvern

Kwantitatieve gegevens in examenprogramma en eindexamens vwo biologie, deel 2

Michiel van Eijck
en Ton Ellermeijer

Het gebruik van de grootheid 'bloeddruk' in examenprogramma en eindexamens

Bovenstaande uitspraak is een ideaalbeeld van wat we leerlingen zouden moeten onderwijzen over de rol van kwantitatieve gegevens in het vwo biologie. In het vorige deel van een drieluik hebben we een overzicht gegeven van het gebruik van kwantitatieve gegevens in het vwo biologie. We concludeerden dat het vwo biologie behoorlijk kwantitatief is en dat het imago van 'zacht' bètavak eigenlijk wonderlijk is. We vonden het vreemd dat leerlingen met weinig bètatalent het profiel Natuur en Gezondheid kunnen kiezen en tegelijkertijd natuurkunde kunnen laten vallen. Tot slot vroegen we ons af waar het idee vandaan kwam dat biologie zo weinig kwantitatief is. Daar gaan we dit artikel

verder op in. Daartoe kijken we naar de inhoud van de kwantitatieve kant van het vwo biologie in eindtermen en examens. Toetsen we daarin of leerlingen op een mathematische manier naar de natuur kunnen 'luisteren'? We weten dat ze bepaalde vragen erg moeilijk vinden. Maar waarom vinden ze juist die vragen zo moeilijk? Om die vragen te beantwoorden, zoomen we in op een heel klein stukje van de vakinhoud. We zijn dan vooral geïnteresseerd hoe daarin met grootheden en eenheden wordt omgegaan.

107 De kandidaat kan 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 - Eindterm 107

Eindtermen 107 tot en met 112

We hebben in detail gekeken naar het onderwerp hart en bloedsomloop. In eindterm 107 tot en met 112 vinden we hart en bloedsomloop terug; hierin worden de grootheden pH, $p\text{CO}_2$, *glucoseconcentratie*, *osmotische waarde* en *bloeddruk* genoemd. Dat lijkt mee te vallen, maar elke biologiedocent weet dat hier enkele grootheden tussen zitten die veel problemen veroorzaken. Vooral de grootheid $p\text{CO}_2$ (in samenspel met grootheid $p\text{O}_2$, die ergens anders wordt genoemd) is voor veel leerlingen een ramp.

Om een gedetailleerder beeld te krijgen van de omgang met grootheden in examens, willen we nog verder inzoomen. De vijf grootheden die hier staan, zijn te veel voor onze microstudie. We hebben om pragmatische redenen gekozen voor de



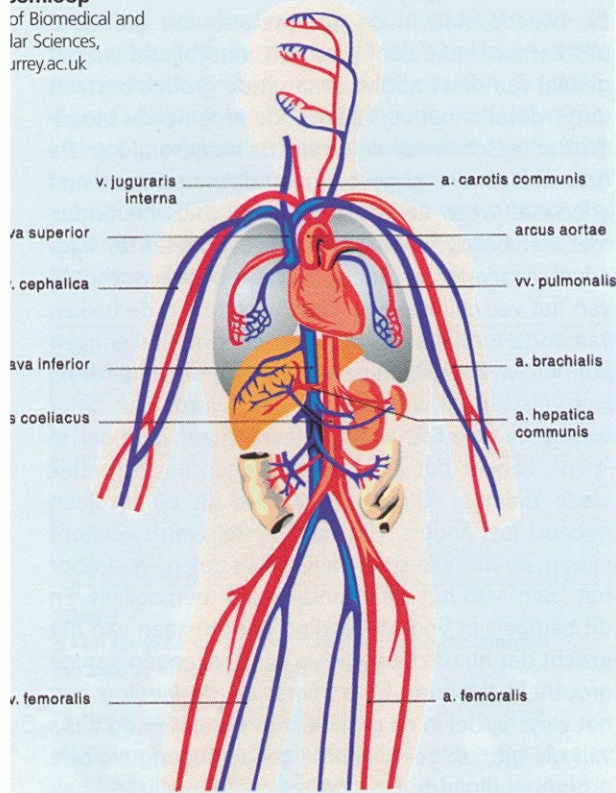
De kandidaat kan aangeven hoe transport plaats vindt van stoffen:

- uit de haarvaten naar de cellen van de weefsels;
- vanuit de cellen van de weefsels naar de haarvaten (diffusie, waaronder osmose; actief transport; bloeddruk; stroming).

Tabel 1 - Eindterm 112

Bloedsomloop

of Biomedical and
lar Sciences,
urrey.ac.uk



grootheid bloeddruk. We zullen de verschijning van deze grootheid in de eindtermen en de eindexamens analyseren en kijken welke problemen we daarbij tegenkomen.

Bloeddruk in het examenprogramma

Bloeddruk wordt alleen letterlijk genoemd in eindterm 112 (tabel 1).

Maar willen leerlingen iets van de werking van hart en bloedsomloop begrijpen, dan zullen ze het begrip bloeddruk in meerdere contexten moeten kunnen toepassen. We kunnen dan ook stellen dat ook nog in eindterm 107 het begrip bloeddruk impliciet is opgenomen (tabel 2).

We kunnen hieruit twee conclusies trekken. Ten eerste kunnen de in de eindtermen genoemde grootheden in eindexamens in meer contexten worden getoetst dan is op te maken uit de eindtermen. Ten tweede brengt dit voor docenten en

schoolboek-ontwikkelaars verwarring met zich mee. Wat moeten we nou minimaal doen met de grootheid bloeddruk? Dat is niet echt duidelijk; we weten eigenlijk niet wat we uiteindelijk in de eindexamens kunnen verwachten. Dergelijke impliciete 'eisen' kunnen vergaande gevolgen hebben. Docenten en schoolboekontwikkelaars nemen namelijk het zekere voor het onzekere, waardoor het programma overladen wordt.

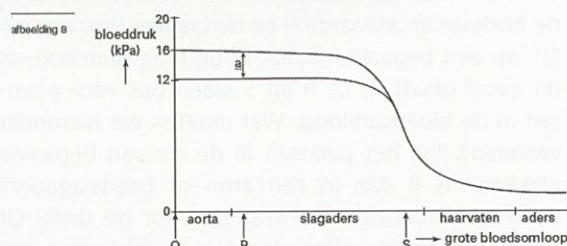
Bloeddruk in examenvragen

In de eindexamens van de laatste tien jaar (1995-2004) zien we inderdaad de grootheid bloeddruk terug in verschillende contexten. De examens 1995-II (vraag 25), 1996-I (vraag 39), 2001-I (vragen 15, 16 en 17) bevatten vragen waarbij leerlingen bloeddrukgrafieken moeten kunnen interpreteren. Hoe wordt daarin omgegaan met de grootheid bloeddruk?

Wie grafieken in wetenschappelijke tijdschriften bekijkt, zal daarin veel details kunnen waarnemen. Deze details zijn van belang om geen misverstanden te laten bestaan over hoe de wetenschapper verschijnselen in de natuur, al dan niet waargenomen in experimenten, de natuur interpreteert. Voorbeelden zijn: een horizontale en verticale as, beide met schaalverdeling, grootheden en eenheden, individuele meetpunten met foutenmarge, een titel, een ondertekst en een lijn. Bovendien is een aantal van deze details weergegeven met symbolen (bijvoorbeeld grootheden en eenheden). Deze details, al dan niet symbolisch, zorgen ervoor dat iemand kan reconstrueren wat de schrijver van het artikel in zijn onderzoek heeft gedaan en waargenomen, en hoe hij de meetresultaten interpreteert.

Aan de hand van deze details hebben we enkele van de bloeddrukgrafieken bekeken. Dan vallen toch wel wat eigenaardigheden op. Als voorbeeld geven we hieronder afbeelding 8 uit CE 2001-I weer, die behoort bij de opgaven 15, 16 en 17 (figuur 2).

De onderzoeker Roth heeft veel onderzoek gedaan naar het interpreteren van grafieken¹. Volgens hem spelen daarbij twee processen een rol. De eerste



Figuur 2 Afbeelding 8 uit CE 2001-I

Noot

- 1 De hier besproken theorie over het interpreteren van grafieken is afkomstig van Roth (2003)

stap is het achterhalen van de betekenis van de afzonderlijke details in de grafiek. De tweede stap bestaat uit het één geheel maken van alle details in de grafiek, en het van daaruit 'zien' van het verschijnsel dat de grafiek weergeeft. We zullen laten zien welke problemen een leerling kan tegenkomen bij beide stappen in het interpreteren van bovenstaande grafiek.

Symbolen in de grafiek

De symbolen waarnaar onze aandacht uit gaat bij het interpreteren van de grafiek zijn allereerst de grootheden en de eenheden. Op de verticale as staat de bloeddruk. Dit is de grootheid waar het ons om gaat. Deze is gegeven in 'kPa'. Niets aan de hand; deze eenheid moeten leerlingen kennen. Met de schaal is wel iets vreemds aan de hand. Het gedeelte van 0 tot 12 kPa is 4 keer zo groot als het gedeelte tussen 12 en 16. Het is dus geen lineaire schaal. Maar wat is het dan wel? Wel beschouwd is het een onnauwkeurige constructie, waar niemand chocola van kan maken.

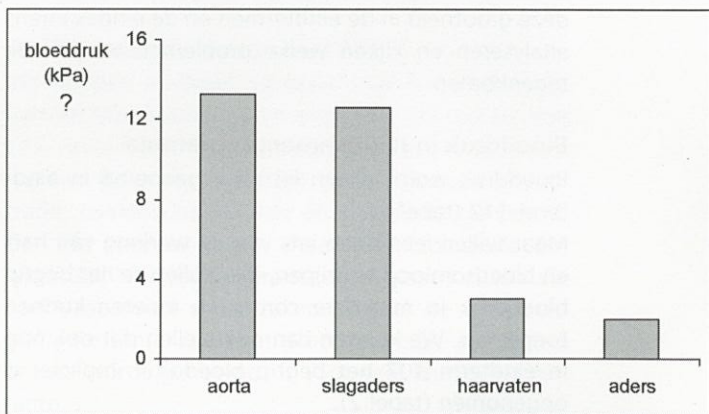
Op de horizontale as staat iets vreemds. De grootheid is 'grote bloedsomloop'. Een eenheid is niet gegeven. Of moeten we hieraan een andere betekenis toekennen dan een grootheid? Want er staat ook onder de as de termen 'aorta', 'slagaders', 'haarvaten' en 'aders'. Dit zijn delen van de bloedsomloop. Blijkbaar is dit geen gewone as. Er staat geen kwantitatieve, maar een kwalitatieve aanduiding langs. Terwijl er in de bijbehorende tekst toch over de 'x-as' wordt gesproken. Dit suggereert een coördinatenstelsel, en dus grootheden (kwantiteiten). In de tekst staat dat in afbeelding 8 "het drukverval in de grote bloedsomloop [is] weergegeven". Verval suggereert hier een afname per afstandseenheid. Dit suggereert dat de horizontale as één of andere afstandsmaat is. De afstand vanaf het hart richting de haarvaten? Dat zou kunnen. Maar dan is de afstand tussen slagaders en aders (haarvaten) naar verhouding toch wel wat groot.

In de grafiek staan ook nog een paar andere symbolen: Δ , O, R en S, met daarboven of daarnaast verschillende soorten pijlen. Δ is "het verschil tussen de hoogste drukwaarde P en de laagste drukwaarde Q" op een bepaalde plaats in de bloedsomloop, in dit geval plaats R. O, R en S staan dus voor plaatsen in de bloedsomloop. Wat moeten we hieronder verstaan? Zijn het plaatsen in de zin van bepaalde plekken? Is R dan in een arm- of beenslagader? Dat maakt namelijk wel wat uit voor de druk. Of zijn het bepaalde afstanden ten opzichte van het

hart? Ook dan kunnen we ons afvragen in welke slagader die afstand wordt gemeten. En waarom is Δ onderstreept? Wat *betekent* dit? Daar komen we niet achter. En dan tot slot de dubbele lijn van aorta tot en met slagaders: zijn er in werkelijkheid twee verschillende grafieken (met ieder een eigen meetmethode), of zijn er per meting twee verschillende waarden gemeten?

De grafiek als geheel

De tweede stap in de interpretatie van grafieken bestaat uit het 'zien' van een verschijnsel in het geheel van de symbolen waaruit de grafiek bestaat. In dit geval is het verschijnsel de afnemende bloeddruk in verschillende delen van de bloedsomloop. De grafiek die hier is gegeven, geeft dat verschijnsel niet adequaat weer. Een staafdiagram, zoals hieronder, met vier balken voor achtereenvolgens aorta, slagaders, haarvaten en aders, zou een betere weergave van het verschijnsel zijn. Eventueel zou in de balken van aorta en slagaders de bovendruk met arceringen kunnen worden onderscheiden van de onderdruk. Het verschijnsel waarom het gaat wordt dan beter weergegeven en is voor de leerling eenvoudiger te 'zien', zonder dat er allemaal dingen in de grafiek staan die niet kloppen. Maar in dit eindexamen gebeurt iets anders. Het verschijnsel wordt verstopt in een wirwar van onduidelijke symbolen, waardoor het 'zien' van het verschijnsel wordt bemoeilijkt. En dit bemoeilijkt voor de leerling het ontstaan van het inzicht dat hij of zij betekenis kan toekennen aan de grootheid 'bloeddruk'. Immers, als de leerling niet het verschijnsel in de grafiek kan 'zien', is er op basis van die grafiek geen zinnige gedachtegang over de grootheid bloeddruk mogelijk.



Gevolgen

Wat is het effect van dit soort grafieken in examenvragen? In dit geval is het interessant te kijken naar de *rest item correlation* (R_{ir}), ofwel de correlatie

tussen de score van een leerling op die vraag en de score op de rest van de vragen. Op een vraag met een hoge R_{ir} scoort een leerling, die ook op de rest van de examenvragen hoog scoort, hoog. In tabel 1 zien we dat van twee van de drie bij de afbeelding behorende vragen de R_{ir} erg laag is. De discriminerende werking neemt zelfs toe, naarmate de R_{ir} afneemt. Met andere woorden: hoe moeilijker de vraag, hoe slechter de goede leerlingen scoren. We weten niet of dit samenhangt met de grafiek. Maar we zien wel dat de examenvragen die bij deze grafiek horen niet bijdragen aan de gewenste discriminerende werking van het examen. En dat is eigenaardig, als we bovendien bedenken dat vergelijkbare grafieken in alle schoolboeken voorkomen bij het onderwerp hart en bloedsomloop. Dit doet vermoeden dat dergelijke grafieken verwarrend zijn, zelfs voor leerlingen die een goed begrip van hart en bloedsomloop hebben.

Vraag	p'	R_{ir}
15	65	23
16	57	13
17	32	5

Tabel 3
 p' - en R_{ir} -waarde van de examenvragen die werden gesteld bij afbeelding 8 uit CE 2001-I

Enkele aanbevelingen

We begonnen dit tweede artikel met het aanhalen van de conclusie van het eerste deel van het drieluik. In relatie met het voorgaande gaan we daar wat dieper op in. We hebben laten zien dat het gebruik van de grootte bloeddruk in het examenprogramma en de examens *exact* noch *eenduidig* is. We hebben geen reden om aan te nemen dat dit een uitzondering is. Als we inzoomen op de overige 140 grootheden in het examenprogramma vwo biologie, zullen we waarschijnlijk vergelijkbare problemen tegenkomen. Het lijkt er dus op dat we niet toetsen of leerlingen op een mathematische manier naar de natuur kunnen 'luisteren'. Wellicht dat dit ook bijdraagt aan het imago van biologie als 'zacht' bètavak. Het gebruik van kwantitatieve gegevens bij biologie is mogelijk oppervlakkig en weinig rigoureus vanwege het ambivalente en niet-exacte gebruik ervan. Wat zouden we hier aan kunnen doen? We schetsen enkele aanbevelingen.

Ten eerste moeten middelen geen doelen op zich worden. De voorbeelden in dit artikel laten zien hoe het gebruik van kwantitatieve instrumenten momenteel eerder problematisch dan verhelderend is. Dit moeten we zien te voorkomen. Van belang is dat we op zo'n manier gebruikmaken van kwantitatieve methoden, dat leerlingen ervaren dat deze krachtig kunnen zijn bij het oplossen van biologische problemen.

Ten tweede moeten leerlingen zicht krijgen op de samenhang tussen de biologische vakinhoud en kwantitatieve benaderingen die daarin een rol spelen. In het ideale geval leren leerlingen dat kwantitatieve methoden domeinspecifieke vormen zijn van een universele mathematische benadering. Vakoverstijgend onderwijs (met wiskunde) is hierbij natuurlijk onontbeerlijk.

En ten derde, voortvloeiend uit de eerste twee aanbevelingen, zouden we enkele kwantitatieve aspecten van de biologie diepgaander moeten behandelen. Zo krijgen leerlingen de gelegenheid om te zien welke rol kwantitatieve methoden spelen in het oplossen van biologische problemen. Wat betreft het gebruik van kwantitatieve gegevens is het curriculum nu mijlenbreed, maar slechts een oppervlakkig laagje diep. Dat zouden we meer in balans moeten proberen te brengen.

Tot zover heb we laten zien hoe in examens en eindtermen wordt omgegaan met kwantitatieve gegevens en welke gevolgen dit heeft voor het karakter van het schoolvak biologie. Een intrigerende vraag is hoe docenten hier nu mee omgaan. Is het gebruik van kwantitatieve gegevens voor docenten wél eenduidig? En wat verwachten ze dan van de leerlingen? Daarover meer de volgende keer. **n**

MICHEL VAN EIJK (MEUICK@SCIENCE.UVA.NL) EN TON ELLERMEIJER
 ZIJN ONDERZOEKERS AAN HET AMSTEL INSTITUUT VAN DE UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

Referenties

- Roth, W.-M., 2003, *Toward an Anthropology of Graphing*. Dordrecht: Kluwer.
- Malvern, D., 2000, *Mathematical Models in Science*. In: Gilbert, J. en Boulter, C. (eds.). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.