

Betekenisvolle statistiek in beroepspraktijken als brug tussen wiskunde en natuurwetenschappen: evaluatie van een ontwerp onderzoek

A. Dierdorp, A. Bakker, H. Eijkelhof en J. van Maanen

Samenvatting

Het creëren van curriculaire samenhang tussen de bètavakken en het betekenisvol maken van deze vakken zijn nog steeds actuele uitdagingen. In deze studie is onderzocht hoe leerlingen in een speciaal ontwikkelde module betekenisvolle verbanden tussen wiskunde, statistiek, de natuurwetenschappen en toepassingsgebieden leggen. Kenmerkend voor deze module is dat ze is gebaseerd op beroepspraktijken waarin wiskundige, statistische en natuurwetenschappelijke kennis wordt toegepast. De centrale vraag is in hoeverre beroepspraktijken als betekenisvolle contexten kunnen fungeren om leerlingen uit 5 en 6 vwo verbanden tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en beroepspraktijken te laten leggen. Enquêtes naar de meningen van leerlingen (388 vooraf en 27 na het doorlopen van twee hoofdstukken) over de gekozen onderwijsleerstrategie en geschreven teksten van leerlingen zijn gebruikt om deze vraag te beantwoorden. De analyse van de respons op de enquêtes laat zien dat leerlingen een onderwijsleerstrategie op basis van beroepspraktijken betekenisvol vinden. De resultaten wijzen erop dat een onderwijsleerstrategie gebaseerd op beroepspraktijken waarin kennis uit verschillende bètawetenschappen wordt gebruikt, ertoe kan bijdragen dat leerlingen verbanden leggen tussen beroepspraktijken en deze bètawetenschappen.

1 Inleiding

Het doel van dit onderzoek is na te gaan of bovenbouwleerlingen van het vwo de samenhang tussen wiskunde, statistiek, enkele natuurwetenschappen en beroepspraktijken leren inzien door een module te volgen die is gebaseerd op beroepspraktijken waarin statistiek wordt gebruikt. Statistiek wordt

hier gezien als een mogelijke brug tussen wiskunde en enkele natuurwetenschappen, omdat statistiek veel wiskundige technieken gebruikt en door natuurwetenschappers veelvuldig wordt toegepast (Erickson, 2002). Statistiek is een wiskundige wetenschap, maar geen onderdeel van de wiskunde (Moore & Cobb, 2000), hoewel statistiek in de meeste landen onderdeel is van het wiskunde curriculum van het voortgezet onderwijs (Gattuso, 2006).

Het is van belang dat leerlingen samenhang tussen verschillende bètawetenschappen leren inzien. Wiskunde en statistiek bieden het instrumentarium waarmee kwantitatieve verbanden in de natuurwetenschappen kunnen worden gemodelleerd, berekend en gerepresenteerd, en de natuurwetenschappen bieden relevante contexten waarbinnen wiskundige en statistische kennis kunnen worden toegepast (Davison, Miller, & Metheny, 1995). Internationale en nationale commissies (AAAS, 1989; cTWO, 2007; CVBO: Boersma et al., 2007; NCTM, 2000; NiNa, 2010; Nieuwe Scheikunde: Apotheker et al., 2010; NRC, 1996; Stuurgroep-NLT, 2007) bepleiten daarom integratie van wiskunde en de natuurwetenschappen waar dit mogelijk is.

Het blijkt echter lastig te zijn de samenhang tussen wiskunde, natuurwetenschappen en contexten duidelijk te maken aan leerlingen (Berlin & White, 2012). Leerlingen in het voortgezet onderwijs zien vaak het nut van de bètavakken niet in omdat zij het leertraject ervaren als een trein met voor alle schoolvakken afzonderlijke wagonnetjes, waarvan de ramen zijn geblindeerd en alleen de conducteur weet waar de reis naartoe gaat (Claxton, 1991). In een rapport over afstemming tussen wiskunde en natuurkunde (Van de Giessen, Hengeveld, Van der Kooij, Rijke, & Sonneveld, 2007), spreekt men in dit verband over "hokjesgeest". Door deze hokjesgeest wordt het voor leerlingen ook moeilijker om wat ze

geleerd hebben als betekenisvol te zien en toe te passen in een ander vak of andere context (Bransford, Brown, & Cocking, 2000). Er is dus meer curriculaire samenhang nodig. Berlin en Lee (2005) geven een overzicht van de Amerikaanse pogingen om curriculaire samenhang te vergroten in de periode 1970-2001. In deze periode is het aantal publicaties over curriculaire samenhang sterk toegenomen, maar de auteurs concluderen dat er meer inzicht nodig is in hoe samenhang kan worden verwezenlijkt.

Uit de literatuur blijkt dat er geen eenduidige definitie voor curriculaire samenhang bestaat (Hurley, 2001). Dat heeft ermee te maken dat samenhang voor de verschillende curriculum-verschijningsvormen – beoogd, uitgevoerd en bereikt curriculum (Van den Akker, 2009) – verschillend is. Het beoogde curriculum bevat de visie die aan het curriculum ten grondslag ligt, maar ook de formele teksten waarin het curriculum beschreven is. Binnen een beoogd curriculum verwijst samenhang naar het afstemmen van lesstof tussen of binnen curricula van verschillende schoolvakken. Beoogde samenhang moet tot uitdrukking komen in het uitgevoerd curriculum dat onder andere de interpretaties van docenten en de daarop gebaseerde praktijk van het onderwijs bevat. Een bereikt curriculum verwijst naar de leerresultaten en de ervaringen van de leerlingen. Zoals verschillende onderzoekers (bijv. Newmann, Smith, Allensworth, & Bryk, 2001; Rudduck & Wallace, 1994) opmerken, is er nog erg weinig onderzoek naar samenhang in het bereikte curriculum, dus hoe curriculaire samenhang voor leerlingen werkt (Frykholm & Glasson, 2005) en hoe leerlingen zelf verbanden kunnen leggen.

Furner en Kumar (2007) onderstrepen de aanbevelingen van Berlin en White (1992) en Sunal en Furner (1995) om de integratie van wiskunde en natuurwetenschappen te bevorderen door bijvoorbeeld overlappende vakinhouden te integreren en leerlingen naar patronen in data te laten kijken om te proberen om meer betekenis aan wetenschappelijke fenomenen te geven. Sunal en Furner stellen verder dat school het gat tussen schoolpraktijk en het buitenschoolse leven moet overbruggen. Bennett, Lubben, en Hogarth (2007) geven duidelijke aanwijzingen dat *context-based*

onderwijs een bijdrage levert aan het betekenisvol maken van het onderwijs. De affectieve reacties en motivatie van de door hen onderzochte leerlingen koppelden Bennett en collega's aan beter begrijpen van het natuurwetenschappelijk onderwijs. Deze bevinding wordt ondersteund door Scott, Mortimer en Ametller (2011). Zij onderzochten hoe leraren en leerlingen verbanden leggen in betekenisvolle interacties tussen onderwijzen en leren van natuurwetenschappelijke concepten, maar hadden in hun onderzoek geen speciale aandacht voor wiskunde.

In het licht van genoemde uitdagingen om samenhang en betekenisvol bètaonderwijs te realiseren, adviseren bètavernieuwingscommissies in Nederland het gebruik van de zogenaamde concept-contextbenadering. Deze benadering houdt in dat leerlingen concepten aanleren in voor hen betekenisvolle contexten. Dit kan aan de hand van situaties uit authentieke praktijken, bijvoorbeeld wetenschappelijke of beroepspraktijken, waarin bètakennis wordt gebruikt. Het gebruik van deze praktijken is een mogelijke manier om het bètaonderwijs betekenisvol te maken.

Betekenisvol zijn van wetenschappelijke concepten en contexten behelst verschillende aspecten van affectieve, cognitieve en metacognitieve aard. We zien 'betekenisvol' niet als een theoretisch homogeen construct, maar we gebruiken deze term om relevante affectieve en metacognitieve aspecten van leren samen te nemen (nut, motivatie, toepassing, zien van verbanden, authenticiteit). Het is belangrijk dat leerlingen het nut ("need to know") inzien van wat zij moeten leren (Westbroek, 2005) en door de context gemotiveerd worden om de module daadwerkelijk door te werken (Prins, 2010). Betrokkenheid in de zin van gemotiveerd gedrag wordt volgens het leermotivatiemodel van Eccles et al. (1993) bepaald door de waarde die leerlingen aan hun taak toekennen (cf. Volman, 2011). Verder wordt onderwijs meer betekenisvol als leerlingen hun taken herkennen als authentiek en in staat zijn het geleerde toe te passen (Boersma et al., 2007; Volman, 2011). Clarke (1988) stelt dat bijvoorbeeld sportcontexten authentieke ervaringen bij leerlingen teweeg kunnen brengen zodat zij meer betekenis aan het onderwijs toekennen. Hoewel er voor

biologie en scheikunde al enkele monodisciplinaire modules zijn gebaseerd op authentieke beroepspraktijken (Prins, 2010; Westra, 2008), is er weinig onderzoek naar hoe de samenhang *tussen* schoolvakken bevorderd kan worden door lesmateriaal te baseren op beroepspraktijken waarin kennis uit verschillende bètawetenschappen wordt gebruikt.

In het hier gerapporteerde onderzoek definiëren we samenhang tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en beroepspraktijken voor het bereikte curriculum als het vermogen van leerlingen om betekenis aan de contexten toe te kennen en zowel natuurwetenschappelijke als wiskundige kennis toe te passen tijdens het oplossen van authentieke problemen. Deze definitie past bij de definitie voor het beoogd curriculum waarbij de samenhang tussen wiskunde en natuurwetenschappen wordt gezien als een interdisciplinaire mix waarbij verbanden tussen deze wetenschappen worden gelegd terwijl de vakspecifieke concepten herkenbaar blijven (Lederman & Niess, 1997).

In dit artikel onderzoeken wij hoe onderwijs voor leerlingen betekenisvol wordt en of leerlingen het geleerde ook bij andere disciplines of in andere contexten kunnen toepassen aan de hand van problemen uit authentieke beroepspraktijken. We veronderstellen een wederkerig verband tussen samenhang en betekenis: als leerlingen de samenhang tussen verschillende bètavakken zien, krijgen die vakken meer betekenis voor ze, en als deze vakken betekenisvol voor ze zijn, zien ze meer samenhang. We geven eerst een overzicht van de pogingen in Nederland om de samenhang tussen de bètavakken te bevorderen en bespreken ook de rationale voor de keuze om de module te baseren op beroepspraktijken.

2 Achtergrond

2.1 Samenhangend onderwijs in Nederland

In Nederland is in het afgelopen decennium het bevorderen van meer samenhang tussen schoolvakken een van de doelstellingen van de overheid geweest, maar curriculaire samenhang heeft nog steeds veel aandacht nodig (Boersma, Bulte, Krüger, Pieters, &

Seller, 2010; Nieveen, Handelzalts, & Van Eekelen, 2011). De invoering van de Tweede Fase (1998) was onder andere bedoeld om deze samenhang te vergroten. In 1999 startte het SONaTe-project (Samenhangend ONderwijs in Natuur en Techniek) om goede ervaringen op het gebied van samenhangend onderwijs in de onderbouw en de Natuurprofielen van de bovenbouw in kaart te brengen (Geraedts, Boersma, Huijs, & Eijkelhof, 2001). Aan het eind van dit project werd in 2004 de conclusie getrokken dat inhoudelijke samenhang in de onderwijspraktijk nog steeds een “witte vlek” was. Het SONaTe-project kreeg een vervolg in het SaLVO-project (Samenhangend Leren Voortgezet Onderwijs), dat onder andere streefde naar het ontwikkelen van voorbeeldlesmateriaal rondom een doorlopende leerlijn voor verbanden tussen grootheden – een thema dat zich leent voor het bevorderen van samenhang (Mooldijk & Sonneveld, 2010). Een recent initiatief om onder andere de interdisciplinaire samenhang te bevorderen is de invoering van Natuur, Leven en Technologie (NLT), een nieuw schoolvak als aanvulling op natuurkunde, scheikunde, biologie en wiskunde (Stuurgroep-NLT, 2007).

Enkele bètavernieuwingscommissies hebben geprobeerd in een notitie de samenhang tussen de nieuwe examenprogramma's zichtbaar te maken (Boersma et al., 2010). Binnen deze commissies is er weinig aandacht voor de mogelijke rol van statistiek bij het creëren van samenhang, hoewel statistiek geschikt lijkt om leerlingen een dergelijke samenhang te laten ervaren. cTWO (2007) schrijft slechts dat het belangrijk is dat leerlingen ontdekken dat wiskunde onmisbaar is in techniek en wetenschap en nauw verweven is met het dagelijks leven, onder andere via statistiek. Verder wordt er over statistiek nauwelijks geschreven, ook niet in relevante rapporten van cTWO en NiNa (Van de Giessen et al., 2007; NiNa, 2010). Wel wordt modelleren genoemd als middel om leerlingen samenhang tussen de verschillende disciplines te laten ervaren.

2.2 Beroepspraktijken als basis voor de module

Authentieke praktijken worden steeds vaker gebruikt als inspiratiebron voor onderwijs-

leerstrategieën. Bètadidactisch onderzoek laat zien hoe men lesmateriaal kan ontwikkelen dat is gebaseerd op authentieke wetenschappelijke of beroepspraktijken (bijv., Lee & Songer, 2003; Westbroek, 2005). Lee en Songer gebruikten de beroepspraktijk van weersvoorspellingen en Westbroek gebruikte de beroepspraktijk van het testen van de waterkwaliteit om betrokkenheid van leerlingen te realiseren bij het leren van scheikunde. Westbroek gebruikte een beroepspraktijk waarmee de te leren chemische concepten voor leerlingen meer betekenis krijgen. Een valkuil bij deze onderwijsleerstrategie is dat er zoveel nadruk op de beroepspraktijk komt te liggen dat er weinig schoolkennis wordt geleerd. Omgekeerd worden in het wiskundeonderwijs contexten meestal, indien zij al aanwezig zijn, ondergeschikt gemaakt aan de te leren concepten (Boaler, 1993).

Voor een goede balans adviseert de stuurgroep Nieuwe Scheikunde de concept-contextbenadering. Zij stelt dat door de grote ontwikkelingen in het natuurwetenschappelijk onderzoek zowel als in het bedrijfsleven (bijv. nanotechnologie) het belangrijk is om leerlingen betekenisvolle lesstof aan te bieden die gebaseerd is op vakoverstijgende contexten (Apotheker et al., 2010). De Commissie Vernieuwing Biologie Onderwijs (CVBO) heeft in haar concept-contextbenadering expliciet gekozen voor “handelingspraktijken” zoals wetenschappelijke of beroepspraktijken als inspiratiebron voor onderwijsleerstrategieën (Boersma et al., 2007). Deze benadering is geïnspireerd op de cultuur-historische handelingstheorie (Van Oers, 1987).

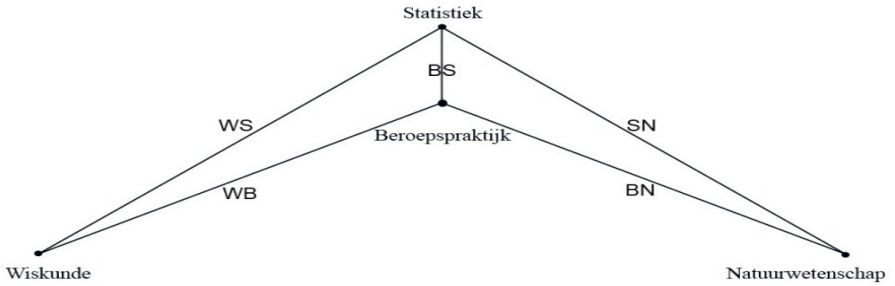
Voor onderwijsdoelinden moeten beroepspraktijken eerst worden gedidactiseerd omdat de authentieke handelingen voor leerlingen te complex zijn. Ook hebben beroepspraktijken een ander doel dan een onderwijspraktijk. In een beroepspraktijk wil men bijvoorbeeld een proces testen of optimaliseren, terwijl in een onderwijspraktijk leerlingen iets moeten leren.

We hebben er net als Westra (2008) voor gekozen om leerlingen de concepten binnen verschillende gedidactiseerde praktijken aan te bieden, zodat zij leren om de concepten toe te passen in andere contexten. De onderliggende gedachte is dat dit de samenhang tus-

sen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en contexten voor leerlingen bevordert. In het voorliggende onderzoek zijn correlatie en regressie gekozen als statistische concepten omdat leerlingen deze bij de natuurwetenschappelijke vakken kunnen gebruiken en omdat er nauwelijks aandacht voor is in de curricula van het voortgezet onderwijs. Leerlingen bedenken tijdens de hiervoor ontworpen module met behulp van statistische technieken, zoals correlatie en regressiemodellen, een oplossing voor reële probleemstellingen uit authentieke beroepspraktijken (Dierdorp, Bakker, Eijkelfhof, & Van Maanen, 2011), waarbij zowel wiskundige als natuurwetenschappelijke concepten nodig zijn. De module heet: *Statistiek als brug tussen wiskunde en de natuurwetenschappen*. In de module is veel aandacht voor het begrijpen van de leerstof en de verbanden tussen wiskunde, statistiek en de beroepspraktijken.

2.3 Verbanden tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en de beroepspraktijken

Conform de concept-contextbenadering hebben wij ervoor gekozen om niet alleen disciplinaire samenhang te onderzoeken, maar ook samenhang tussen disciplines en hun toepassingsgebieden (contexten). Disciplinaire samenhang is zichtbaar in deeldisciplines als mechanica, een onderdeel van de natuurkunde met een sterk wiskundige grondslag. Modelleren is vaak een interdisciplinaire activiteit, die ook wordt geadviseerd om leerlingen samenhang tussen bètavakken duidelijk te maken (Van de Giessen et al, 2007). Het uitgangspunt dat aan ons onderzoek ten grondslag ligt, is het vermoeden dat een onderwijsleerstrategie met statistiek in beroepspraktijken als brug tussen wiskunde en enkele natuurwetenschappen (Figuur 1) een kansrijke benadering is die nog weinig aandacht heeft gekregen in de literatuur. Hoewel er directe verbanden tussen wiskunde en de natuurwetenschappen bestaan (bijvoorbeeld via differentiaalvergelijkingen), richten we ons hier net als in de module op een indirecte samenhang, via in beroepspraktijken gebruikte statistiek. In deze paragraaf bespreken we de verbanden die centraal staan in dit artikel.



Figuur 1. Statistiek die gebruikt wordt binnen een beroepspraktijk als brug tussen wiskunde en een natuurwetenschap (Brugmetafoor).

Wiskunde en Statistiek (WS)

Wiskundigen streven er vaak naar om de contexten weg te abstraheren zodat onderliggende structuren duidelijk worden, terwijl statistici juist de contexten nodig hebben bij het analyseren van de data (Rossman, Chance, & Medina, 2006). De wiskunde zoekt theoretische verklaringen of onderbouwingen van een fenomeen, en statistiek zoekt er via data-analyse betekenis voor (Moore & Cobb, 2000). Statistiek in de vorm van bijvoorbeeld correlatie en regressie kan worden gebruikt om tot een wiskundig model te komen. Wiskundige procedures zoals berekeningsmethoden of het oplossen van vergelijkingen dienen op hun beurt hierbij om de statistiek te onderbouwen of te verantwoorden.

Statistiek en Natuurwetenschap (SN)

Zoals genoemd worden correlatie en regressie vaak gebruikt om voor natuurwetenschappelijk verzamelde data een model te vinden. In zulke situaties is statistiek een brug tussen wiskunde en de natuurwetenschap. Een voorbeeld is onderzoek naar het omslagpunt van aerobe naar anaerobe verbranding bij sporters. Met diverse meetinstrumenten worden data over de hartslag bij toenemende inspanning verzameld, en statistische technieken zoals correlatie en regressie worden gebruikt om tot een wiskundig model te komen waarmee een optimaal trainingsadvies kan worden gegeven (Gellish, Goslin, Olson, McDonald, & Moudgil, 2007).

Beroepspraktijk en Statistiek (BS)

Statistiek wordt in veel beroepspraktijken toegepast. Een voorbeeld is het analyseren van data met dijkhoogtes. Alle dijken ver-

zakken. Om te voorspellen wanneer een dijk opgehoogd moet worden, worden regelmatig met helikopters en satellieten data verzameld over de hoogte van een dijk. Regressie wordt dan gebruikt om tot een wiskundig model te komen zodat het risico voor overstroming kan worden geminimaliseerd. Een ander voorbeeld is het Nederlands Meetinstituut, het voormalig IJkwezen, dat regressiemodellen gebruikt om meetinstrumenten te kalibreren. Aan de hand van de correlatiecoëfficiënt en de regressielijn van een meetinstrument opzichte van een geijkt instrument geeft het instituut advies over de kwaliteit van een instrument.

Wiskunde en Beroepspraktijk (WB)

In de vorige voorbeelden van beroepspraktijken is het verband met wiskunde onvermijdelijk. Galbraith en Stillmann (2006, p. 150) schrijven: "In some cases an adequate response requires arguments that integrate mathematical knowledge with the impact of this knowledge in the real situations to justify interpretation." Het is dus belangrijk dat leerlingen begrijpen hoe een model in elkaar zit en hoe wiskundige concepten, zoals het oplossen van vergelijkingen, een rol spelen bij het creëren of interpreteren van de modellen.

Beroepspraktijk en Natuurwetenschap (BN)

Als een beroepsbeoefenaar data op natuurwetenschappelijke wijze heeft verzameld en een wiskundig model heeft gevonden, dan moeten deze worden geïnterpreteerd om conclusies te kunnen trekken. In het voorbeeld van de dijkverzakkingen is het belangrijk om te begrijpen dat grondverschuivingen of erosie ten

grondslag van deze verzakkingen kunnen liggen. Ook kunnen natuurverschijnselen zoals hevige regen zorgen voor veel variabiliteit rondom een model. Dit soort aspecten zal een beroepsbeoefenaar mee moeten nemen in de adviezen. Het is dus belangrijk dat leerlingen inzien dat de natuur zich niet exact volgens een model gedraagt, maar dat er altijd sprake is van variabiliteit (Wild & Pfannkuch, 1999).

We merken op dat de grenzen tussen de vijf gebieden niet altijd scherp zijn. Zo zit wiskunde in, en zijn natuurwetenschappelijke onderzoekers ook beroepsbeoefenaars.

2.4 Onderzoeksvragen

Om te onderzoeken of een onderwijsleerstrategie op basis van beroepspraktijken leerlingen in staat stelt om betekenisvolle verbanden te leggen tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en beroepspraktijken, hebben we een module ontworpen die gebaseerd is op de beroepspraktijken van een sportfysioloog, een ambtenaar van Rijkswaterstaat, en een laborant van het Nederlands Meetinstituut waarin professionals hun data statistisch modelleren. Om te onderzoeken of de module bijdraagt aan de door ons gestelde doelen stellen we de volgende hoofdvraag:

In hoeverre kunnen beroepspraktijken als betekenisvolle contexten fungeren om leerlingen verbanden te laten leggen tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en beroepspraktijken?

Om deze vraag te beantwoorden stellen we twee deelvragen:

RQ1: Hoe betekenisvol vinden leerlingen een module die is gebaseerd op beroepspraktijken waarin statistiek een rol speelt?

RQ2: In hoeverre zijn leerlingen in staat om na de module verbanden te leggen tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en beroepspraktijken?

3 Methode

3.1 Module

De hier gepresenteerde studie is onderdeel van een ontwikkelingsonderzoek (Barab

& Squire, 2004; Van den Akker, Grave-meijer, McKenney, & Nieveen, 2006) met zes ontwerp cycli met beroepspraktijken als basis voor onderwijsleerstrategieën. Voor de selectie van de drie beroepspraktijken is een voorstudie uitgevoerd. Deze omvatte een literatuurstudie, interviews met experts, beroepsbeoefenaars, docenten en leerlingen. Criteria voor de selectie van praktijken waren (cf. Prins, Bulte, Pilot & Van Driel, 2008):

- de beroepsbeoefenaar gebruikt correlatie en regressie bij het modelleren van data
- de handelingen uit minimaal een beroepspraktijk zijn te didactiseren tot lesactiviteiten waarin leerlingen een kort, relevant eigen experiment kunnen uitvoeren
- de beroepspraktijk is voor leerlingen herkenbaar
- leerlingen kunnen de relevantie inzien van de vakkennis die de beroepsbeoefenaar gebruikt.

Op basis van elk van de drie beroepspraktijken is een hoofdstuk ontworpen. Hoofdstuk 1 (H1) gaat over de beroepspraktijk van een sportfysioloog, hoofdstuk 2 (H2) over het monitoren van dijkhoogten en hoofdstuk 3 (H3) over het ijken van meetinstrumenten.

3.2 Leerlingen

Voor de beantwoording van RQ1 zijn 415 (198 + 190 + 12 + 15) leerlingen onderzocht (zie Tabel 4). Dit betrof in 2008 alle 5-vwo-leerlingen van twee scholen (A 2x en B) en in 2011 twee groepen die het schoolvak Natuur, Leven en Technologie (NLT) volgden (school A en C). De groep ($N = 15$) van school A doorliep de module begin 6 vwo. Een groep (school C, $N = 16$) is onderzocht om RQ2 te beantwoorden. Om de voorkennis van de leerlingen te onderzoeken, hebben we aan twee groepen voorafgaand aan het volgen van de module schriftelijk gevraagd of zij een formule van een regressielijn konden opstellen en de correlatie konden berekenen. Op beide vragen antwoordden ze unaniem “nee”. Dit was te verwachten omdat het onderwerp correlatie en regressie geen verplicht onderdeel van het curriculum is. Wel werd verondersteld dat de leerlingen al bij het vak wiskunde geleerd hadden om statistische maten zoals gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie te berekenen.

3.3 Meetinstrumenten

Ter beantwoording van RQ1 hebben we enquêtes gebruikt. Voorafgaand aan het doorlopen van de module hebben we leerlingen ($N = 198$) een enquête (Enq_1) voorgelegd om hun mening te vragen over de onderwijsleerstrategie om een module te baseren op beroepspraktijken. We stelden vragen over verschillende aspecten die we als betekenisvol voor leerlingen kunnen kenmerken (zie Tabel 5). We vroegen bijvoorbeeld of een dergelijke onderwijsleerstrategie de leerlingen het nut van de lesstof helpt in te zien (item 1), motiveert om te leren (item 2), of ze verwachten dat ze de technieken bij andere vakken kunnen toepassen (item 3 en 4) en of ze het interessant vinden als de lesstof over meerdere vakken gaat (item 5). De leerlingen konden hun mening op een vijfpuntsschaal van “Helemaal niet mee eens” tot “Helemaal mee eens” aangeven. Vervolgens werd de enquête verbeterd (Enq_2) en kort erna afgenomen bij een nieuwe groep 5-vwo-leerlingen ($N = 190$). We geven van deze tweede enquête de resultaten van de items die relevant zijn voor de in dit artikel gestelde onderzoeksvragen en aangeven of de leerlingen een module gebaseerd op beroepspraktijken als betekenisvol zien.

Verder hebben we de laatste twee groepen leerlingen ($N = 15$, 6 vwo, resp. $N = 16$, 5 vwo) na het doorlopen van H1 (Enq_3) en na H2 (Enq_4) gevraagd (Tabel 5) of ze meer inzicht hebben gekregen in het gebruik van statistiek bij de aangeboden beroepspraktijken (item 6) en of ze verwachten dat de opdrachten uit de module authentiek zijn (item 7 en 8). Om organisatorische redenen konden we niet dezelfde vragen stellen over hoofdstuk 3. Van vier leerlingen missen enkele gegevens. Deze zijn in Tabel 4 met een negatief getal aangegeven. In de analyse zijn dus $12 + 15 = 27$ leerlingen onderzocht.

Om RQ2 over verbanden tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en beroepspraktijken te beantwoorden, hebben we tijdens het doorlopen van de module de leerlingen gevraagd alle antwoorden van de opdrachten op te schrijven. We hebben al deze geschreven antwoorden – we noemen dat vanaf nu leerlingwerk – ingenomen en geanalyseerd. Ook in een nameting na het

doorlopen van de module hebben we aan de hand van opdrachten geanalyseerd of de leerlingen de stof beheersten en verbanden konden leggen. Bij de nameting waren alle leerlingen betrokken. Binnen de door ons gebruikte brugmetafoor onderzoeken wij vijf verbanden tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschappen en beroepspraktijken (Figuur 1). In Tabel 1 is aangegeven welke verbanden op welke opdrachten van de nameting betrekking hebben. Deze vier opdrachten worden in 4.2 inhoudelijk besproken.

Tabel 1

Mogelijk te leggen verbanden WS, WB, BS, BN en SN bij de opdrachten van de nameting.

| Opricht | WS | WB | BS | BN | SN |
|-----------|----|----|----|----|----|
| Opricht 1 | x | x | x | x | x |
| Opricht 2 | x | | | | |
| Opricht 3 | x | | x | | |
| Opricht 4 | x | | x | x | x |

3.4 Data-analyse

In de analyse van de enquêtes hebben we de relatieve frequenties van dezelfde relevante items bij Enq_2, Enq_3 en Enq_4 vergeleken. De leerlingen konden bij een open vraag (Enq_2) een toelichting geven waarom ze het wel of niet op prijs stellen om beroepspraktijken als basis van de lesstof te hebben. De antwoorden zijn gecodeerd als positief, negatief of onduidelijk. De interbeoordelaarsbetrouwbaarheid is gemeten met Cohens kappa (Cohen, 1960) en bleek erg hoog te zijn (.91).

Bij de analyse van het leerlingwerk en de nameting hebben we onderzocht of de module bijdraagt aan de door leerlingen gelegde verbanden tussen wiskunde (W), statistiek (S), beroepspraktijk (B) en natuurwetenschap (N). We hebben een analysemodel (zie Figuur 1 en Tabellen 2 en 3) ontwikkeld om de geschreven respons te analyseren. Hiermee hebben we in het leerlingwerk van de laatste groep ($N = 16$) de bovengenoemde elementen W, S, B en N onderscheiden (Tabel 2) en de leerlingantwoorden gecodeerd met WS, WB, BS, BN en/of SN (Tabel 3). Meerdere codes per antwoord waren mogelijk, wat nodig was gezien de onderzoeksvraag, maar waardoor het moeilijk was om een hoge kappa te krijgen. Aan de hand van 150 leer-

Tabel 2

Definiëringen van verschillende elementen.

| Element | Voorbeelden |
|---------|--|
| W | De leerling geeft aan dat er berekeningen moeten worden uitgevoerd of gebruikt. De leerling voert een berekening uit. De leerling geeft een wiskundig verband aan tussen twee grootheden. De leerling geeft het gebruik van formules aan. |
| S | De leerling interpreteert of noemt een grafiek of tabel a.d.h.v. data. De leerling noemt een statistische term (bv. gemiddelde, variatie, SD, residu, enz.). De leerling noemt een methodisch aspect (bv. representativiteit, omstandigheden constant houden, enz.). |
| B | De leerling noemt een sportfysiologisch advies. De leerling noemt een authentieke handeling (bv. meten van conditie, bepalen van omslagpunt). |
| N | De leerling noemt een natuurwetenschappelijke variabele (bv. gewicht, leeftijd). De leerling legt een verband tussen twee natuurwetenschappelijke grootheden (bv. hartslag en intensiteit van training). |

Tabel 3

Codes die gebruikt zijn bij het coderen van het leerlingwerk en opdracht 1 van de nameting.

| Code | Toelichting |
|------|---|
| WS | De leerling betreft wiskundige technieken bij de interpretatie van de grafische weergave van de data. |
| WB | De leerling betreft wiskundige technieken bij het formuleren van een sportfysiologisch advies. |
| BS | De leerling gebruikt statistische technieken bij het formuleren van een sportfysiologisch advies. |
| BN | De leerling betreft een natuurwetenschappelijke variabele in het sportfysiologisch advies. |
| SN | De leerling verklaart statistische uitkomsten aan de hand van natuurwetenschappelijke aspecten. |

Tabel 4

Aantallen onderzochte leerlingen bij de analyses van 2008 en 2011 (tussen haakjes het aantal leerlingen in de groep en het aantal leerlingen van wie de informatie niet compleet was).

| School | Jaar | RQ1 | | | | RQ2 | |
|---------|-----------------|-------|-------|----------------|----------------|---------------------------|----------|
| | | Enq_1 | Enq_2 | Enq_3 | Enq_4 | leerlingwerk/ nameting | nameting |
| A | 2008 (juni) | 198 | | | | | |
| A, B | 2008 (november) | | 190 | | | | |
| A | 2011 | | | 12 (15 – 3) | 12 (15 – 3) | | |
| C | 2011 | | | 15 (16 – 1) | 15 (16 – 1) | 14 (16 – 2) | 16 |
| Totaal: | | 198 | 190 | 27 | 27 | 14 | 16 |

lingantwoorden hebben we de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid gemeten met Cohens kappa. De gemeten waarde (.61) wordt door Cohen (1960) nog net als substantieel gezien. De eerste opdracht van de module was gelijk aan de eerste opdracht van de nameting om een vergelijking mogelijk te maken tussen verbanden die leerlingen aan het begin en eind van de module legden. Van twee leerlin-

gen is het leerlingwerk niet compleet. Deze zijn niet meegenomen in de analyse.

4 Resultaten

4.1 RQ1: In hoeverre is onderwijs baseren op een beroepspraktijk betekenisvol voor leerlingen?

Tabel 5

Procentuele score van 8 items uit Enq_2 (N = 190), Enq_3 (N=27) en Enq_4 (N=27). In deze tabel verwijzen de afkortingen "--", "-", "0", "+" en "++" naar "Helemaal niet mee eens" tot en met "Helemaal mee eens".

| Item | Aspect betekenisvol | Enquête | -- | - | 0 | + | ++ |
|---|---------------------|---------|----|----|----|----|----|
| 1 Met een beroepspraktijk als basis voor de lesstof zie ik het nut van de lesstof in. | nut | Enq_2 | 2 | 5 | 30 | 53 | 11 |
| | | Enq_3 | 0 | 0 | 26 | 67 | 7 |
| | | Enq_4 | 0 | 15 | 11 | 63 | 11 |
| 2 Als de technieken van de lesstof in een beroepspraktijk te gebruiken zijn, motiveert mij dat om deze technieken te leren. | motivatie | Enq_2 | 2 | 8 | 24 | 51 | 15 |
| | | Enq_3 | 4 | 4 | 37 | 48 | 7 |
| | | Enq_4 | 4 | 7 | 33 | 52 | 4 |
| 3 Ik denk dat ik de techniek om een regressielijn te bepalen bij meerdere vakken kan gebruiken. | toepassen | Enq_2 | 4 | 4 | 19 | 56 | 16 |
| | | Enq_3 | 7 | 7 | 15 | 52 | 19 |
| | | Enq_4 | 4 | 7 | 4 | 70 | 15 |
| 4 Ik denk dat de techniek van correlatie en regressie in elk natuurwetenschappelijk vak wordt gebruikt. | toepassen | Enq_2 | 2 | 7 | 46 | 37 | 8 |
| | | Enq_3 | 0 | 15 | 15 | 59 | 11 |
| | | Enq_4 | 4 | 11 | 19 | 56 | 11 |
| 5 Ik vind het interessant als ik bij de lessen over statistiek tegelijk iets over een ander vak zoals biologie of natuurkunde leer. | verband | Enq_2 | 14 | 24 | 29 | 27 | 6 |
| | | Enq_3 | 4 | 22 | 26 | 37 | 11 |
| | | Enq_4 | 7 | 11 | 37 | 37 | 7 |
| 6 Ik heb meer inzicht gekregen in hoe statistiek gebruikt kan worden door een sportfysioloog/ambtenaar Rijkswaterstaat | verband | Enq_3 | 0 | 11 | 11 | 67 | 11 |
| | | Enq_4 | 0 | 4 | 15 | 74 | 7 |
| 7 Ik denk dat het bepalen van een omslagpunt in de praktijk door de sportfysioloog op dezelfde manier wordt toegepast als in de lessenserie. | authenticiteit | Enq_3 | 0 | 37 | 33 | 26 | 4 |
| 8 Ik denk dat het bepalen van de dag waarop actie moet worden ondernomen om een dijk op te hogen in de praktijk op dezelfde manier wordt toegepast als in de lessenserie. | authenticiteit | Enq_4 | 15 | 19 | 37 | 26 | 4 |

Het eerste item van de enquête luidde: "Met een beroepspraktijk als basis voor de lesstof zie ik het nut van de lesstof in" van Enq_2 (N = 190). De respons laat zien dat de meeste leerlingen (+ en ++ opgeteld: 53 + 11 = 64%) op voorhand het nut verwachtten te zien (Tabel 5). Van de respondenten op Enq_2 gaven 123 een toelichting bij dit item. Van de toelichtingen waren 103 positief, 12 negatief en 8 onduidelijk. Voorbeelden van positieve toelichtingen zijn:

- "Omdat ik vaak het nut van bepaalde onderwerpen niet inzie."
- "Zie je tenminste het nut ervan [lesstof] in."

- "Het [beroepspraktijk als inspiratiebron] geeft beter inzicht van je uiteindelijk doel."

Een negatieve toelichting was: "Nee, lijkt me niet effectief". Een andere leerling gaf ook nog expliciet aan dat samenhang belangrijk voor haar is: "Ik zou graag beroepspraktijken als basis voor de lesstof zien, omdat ik dan makkelijker verbanden kan leggen tussen verschillende vakken." We concludeerden dat de uitkomsten van Enq_2 aanwijzingen geven dat de meeste leerlingen, voorafgaand aan de module, het nut inzien van het gebruik van beroepspraktijken. Omdat dit ook uit Enq_1 was gebleken, had-

Tabel 6

Aantal door leerling gelegde verbanden tussen wiskunde (W), beroepspraktijken (B), statistiek (S) en natuurwetenschap (N), bij de inleidende opdracht van de module en tijdens de nameting (N = 16).

| Code | inleidende opdracht | nameting |
|------|---------------------|----------|
| WS | 0 | 7 |
| WB | 2 | 3 |
| BS | 5 | 13 |
| BN | 4 | 13 |
| SN | 1 | 12 |

den we voldoende redenen om de module te ontwikkelen.

Uit Enq_3 bleek dat leerlingen die de module doorliepen de onderwijsleerstrategie ook na het doorlopen van H1 betekenisvol vonden. Deze leerlingen (67% + 7% = 74%) waren zelfs iets positiever (+ en ++ opgeteld). Zelfs na H2, waarin ook de wiskundige onderbouwing van correlatie en regressie geleerd werd, gaven de meeste (74%) leerlingen in Enq_4 nog steeds een positieve respons. Een binomiale tekentoets om de respons op Enq_3 en Enq_4 per leerling te vergelijken levert $p = 0,60$. We kunnen dus geen significante verandering vaststellen. Dit wijst erop dat de meningen van leerlingen niet significant veranderden, ook niet na een wiskundig-theoretische verdieping in H2 waarvan de leerlingen mogelijk niet direct het nut inzagen.

De antwoorden op de items 2 tot en met 8 geven ook een positief beeld. Alleen het item over de authenticiteit van de lesactiviteiten met betrekking tot de beroepspraktijk (Tabel 5, items 7 en 8) wordt verdeeld gescoord. Deze bevinding klopt met onze observatie dat de leerlingen zich bewust waren dat de beroepspraktijken gedidactiseerd zijn. Een sportfysioloog beperkt zich niet tot alleen de hartslag zoals in deze module, maar betreft ook andere variabelen bij een advies.

4.2 RQ2: Verbanden leggen tussen bètawetenschappen en beroepspraktijken

Vergelijking gelegde verbanden

In deze paragraaf bespreken we in hoeverre leerlingen verbanden hebben leren leggen. De eerste opdracht van de module en van de nameting luidde:

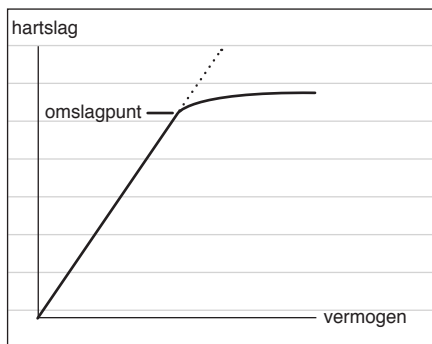
Sportfysiologen bepalen van hun cliënten vaak het omslagpunt van de hartslag.

a. Wat verstaan we in dit geval onder omslagpunt?

b. Waarom is het van belang dit omslagpunt te meten?

Vergelijking van de antwoorden op deze opdracht laat zien dat de leerlingen na het doorlopen van de module duidelijk vaker een verband tussen disciplines en/of deze beroepspraktijk legden dan bij aanvang van de module (Tabel 6). Alleen het verband tussen wiskunde en de beroepspraktijk (WB) laat slechts een verwaarloosbare toename zien. Bij aanvang werd het verband tussen wiskunde en statistiek (WS) niet geconstateerd en na afloop wel. Bij deze opdracht veronderstelden we dat de leerlingen een wiskundig model aan de metingen zouden koppelen (WS). Zeven leerlingen deden dit. Drie van hen maakten een tekening zoals Jan in Figuur 2.

Drie leerlingen koppelden expliciet het model zoals in Figuur 2 aan het advies dat een sportfysioloog aan zijn cliënt kan geven (WB). De meeste leerlingen (13) verbonden statistische technieken (bijvoorbeeld regressielijn voor het lineaire gedeelte) aan het te geven advies (BS). Deze dertien betrokken de natuurwetenschappelijke termen van aerobe en anaerobe verbranding bij hun advies (BN). Zij schreven dat als er te vaak in het anaerobe gedeelte wordt getraind (boven het omslagpunt), het omslagpunt naar beneden gaat en er dus eerder verzuuring optreedt. Dus moet een sporter iets onder het omslagpunt trainen. Twaalf leerlingen koppelden dit advies aan de data die verkregen worden bij het testen van cliënten (SN).



Figuur 2. Jans illustratie van het model voor het bepalen van het omslagpunt tussen aerobe en anaerobe verbranding.

Tabel 7

Verbanden WS, WB, BS, BN en SN bij de opdrachten van de nameting en scores laatste groep (N =16).

| Opdracht | WS | WB | BS | BN | SN | Max. score | Gem. Score (SD) | % Score |
|------------|----|----|----|----|----|------------|-----------------|---------|
| Opdracht 1 | x | x | x | x | x | 2 | 1,1 (0,6) | 55 |
| Opdracht 2 | x | | | | | 9 | 6,3 (1,8) | 69 |
| Opdracht 3 | x | | x | | | 16 | 11,0 (3,3) | 69 |
| Opdracht 4 | x | | x | x | x | 11 | 6,1 (2,3) | 55 |

De mate waarin leerlingen verbanden leggen in de nameting

In Tabel 7 zijn per opdracht van de nameting de gemiddelde leerlingsscores gegeven. De leerlingen waren voldoende in staat om de concepten uit de module toe te passen: de gemiddelde score was 64%.

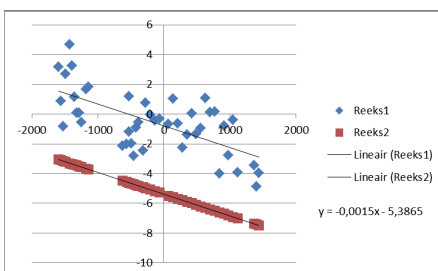
Opdracht 2 ging over het verband tussen wiskunde en statistiek. De opdracht toetste wat leerlingen in H2 hadden geleerd over de wiskundige achtergrond van correlatie en regressielijnen. Bij deze opdracht vroegen we de leerlingen naar de volgorde van de stappen om met de kleinste-kwadratenmethode de regressiecoëfficiënten te bepalen. Acht leerlingen deden dit perfect, vier maakten een kleine vergissing, en niemand had alles fout. Ook vroegen we hier de kleinste-kwadratenmethode uit te leggen. Dit bleek van opdracht 2 het lastigste onderdeel te zijn (gemiddelde score 53%). Verder gaven we bij opdracht 2 in een willekeurige volgorde de leerlingen het bewijs om een normaalvergelijking te vinden en vroegen ze het bewijs in de juiste volgorde te schrijven en elke stap toe te lichten. De meeste leerlingen waren in staat om het bewijs in de goede volgorde te

zetten, maar de toelichting liet soms te wensen over.

Bij opdracht 3 kregen de leerlingen 44 metingen van dijk-deformaties. Om te toetsen of leerlingen het WS-verband konden leggen, moesten ze het moment berekenen waarop niet langer gewacht kon worden met ophoging. Op wat slordigheden na konden alle leerlingen de correlatie uitrekenen. Op één leerling na konden alle leerlingen de regressielijn bepalen.

Bij opdracht 3 was de relatie met de beroepspraktijk weer erg belangrijk (BS). Als namelijk alleen de regressielijn wordt gebruikt voor het berekenen van de dag waarop de dijk moet worden opgehoogd, dan kan men te laat zijn: er liggen ook punten onder de regressielijn. In de opdracht stond dat de leerlingen rekening moesten houden met een veiligheidsmarge. Vijf deden dit niet. Een leerling gebruikte Excel voor deze marge (zie Figuur 3). De overige leerlingen gebruikten een aangepaste formule. Door gebruik te maken van statistische technieken om een wiskundig model (regressielijn) op te stellen en hiermee berekeningen uit te voeren om tot een antwoord te komen, lieten de leerlingen zien dat zij ook een verband tussen wiskunde en statistiek legden.

De vierde opdracht sloot aan bij het hoofdstuk over het ijken van meetinstrumenten. De leerlingen kregen hier een nieuwe context waarin van negen monsters van een bloedserum de concentratie ijzer en de bijbehorende absorptie werden gegeven. Op één leerling na konden zij allemaal de kalibratielijn (regressielijn) bepalen. Om het verband met de natuurwetenschappelijke schoolvakken te benadrukken, werden er punten afgetrokken als niet de juiste letters voor de variabelen werden gebruikt. Ook werd de leerlingen gevraagd het ijzergehalte van een



Figuur 3. Excel-output van een leerling. De bovenste lijn is de regressielijn. De onderste lijn is de regressielijn min 3 maal de SD van de residuen (naar aanleiding van een discussie over de vuistregels van de normale verdeling).

patiënt waarvan de gemeten absorptie van een bloedmonster gegeven was te bepalen. Dertien leerlingen deden dit correct. De overige drie hadden problemen om de natuurwetenschappelijke termen te verbinden aan het statistische begrip regressielijn (SN en BN).

In opdracht 4 werden leerlingen ook geconfronteerd met een voor hen nieuwe context: atomaire absorptiespectrometrie. De leerlingen kregen de data van negen monsters met daarin de hoeveelheid toegevoegd zilver en de bijbehorende absorptie. De meeste leerlingen (15) konden de regressielijn bepalen, maar slechts twee leerlingen konden de meeste benodigde stappen maken om de concentratie van het oorspronkelijke monster te berekenen. Hierbij moest wiskundige, statistische en natuurwetenschap technieken met de beroepspraktijk worden gecombineerd (WS, BS, BN en SN).

5 Conclusie en discussie

In antwoord op de eerste deelvraag concluderen we dat veel leerlingen een module die is gebaseerd op beroepspraktijken betekenisvol vinden. Zowel de enquêtes voorafgaand aan de experimenten als de enquêtes na het doorlopen van de hoofdstukken wijzen erop dat leerlingen de onderwijsleerstrategie in ruime mate waardeerden. Zij geven aan dat ze het nut inzien van lesstof die op beroepspraktijken is gebaseerd, dat een dergelijke onderwijsleerstrategie ze motiveert en dat ze denken de lesstof bij meerdere vakken te kunnen toepassen. Over de authenticiteit van zulk onderwijs waren de meningen van de leerlingen meer verdeeld, maar dat is begrijpelijk omdat de beroepspraktijken waren gedidactiseerd.

In het hier gepresenteerde onderzoek stelden we dat alleen betekenis van de lesstof inzien niet genoeg is om verbanden te kunnen leggen. Bij het leggen van verbanden is het ook belangrijk dat leerlingen de concepten beheersen en kunnen toepassen. In antwoord op de tweede deelvraag concluderen we dat de leerlingen na het doorlopen van de module duidelijk vaker een verband tussen wiskunde, statistiek, natuurwetenschap en beroepspraktijk legden dan bij aanvang van

de module. Het verband tussen wiskunde en de beroepspraktijk wordt minder vaak in de antwoorden van de leerlingen herkend dan de andere verbanden. Dit is begrijpelijk omdat in deze module de link van wiskunde naar de beroepspraktijk (WB) conform het ontwerp via de statistiek liep en niet rechtstreeks. Wij veronderstellen dat dit analysemodel makkelijk aangepast kan worden voor verbanden die leerlingen tussen andere schoolvakken en toepassingsgebieden leren leggen. Ook concluderen we dat de leerlingen door middel van de module geleerd hebben om de concepten toe te passen. De analyse van de nameting laat zien dat de leerlingen de opdrachten, waarin diverse verbanden een rol spelen, gemiddeld beheersten, de geleerde concepten konden toepassen en de benodigde verbanden konden leggen. Bij deze conclusie moeten we wel bedenken dat de gemeten interbeoordelaarsbetrouwbaarheid hoewel acceptabel toch vrij laag (0,61) was. We schrijven dit toe aan het feit dat er per te beoordelen item meerdere codes mogelijk waren. Verder zijn de grenzen tussen de vijf gebieden niet altijd scherp (2.3). Ook speelt mee dat de tweede beoordelaar uitsluitend naar de teksten heeft gekeken en verder niet bij het onderzoek betrokken was.

Het antwoord op de hoofdvraag is dat we een voorbeeld van een module op basis van beroepspraktijken hebben ontworpen die niet alleen betekenisvol is voor een hoog percentage van de leerlingen, maar ook dat na het doorlopen van de module een duidelijke toename werd waargenomen in het aantal keren dat leerlingen verbanden leggen tussen wiskunde, statistiek, enkele natuurwetenschappen en beroepspraktijken. Hoewel de literatuur (bijv. Berlin & White, 2012) aangeeft dat het lastig is leerlingen de samenhang tussen wiskunde, natuurwetenschappen en contexten duidelijk te maken, lijkt het ontwerp aan de hand van beroepspraktijken, waarbij veel aandacht voor betekenis vanuit een leerlingperspectief is, een vruchtbare oplossingsrichting. Vervolgonderzoek is nodig om te onderzoeken of en wanneer beroepspraktijken ook in andere situaties kunnen helpen bij het verbeteren van curriculaire samenhang. Hiervoor is ook vergelijkend onderzoek nodig. Ook is vervolgonderzoek in de trant

van Dam, Janssen, en Van Driel (2013) nodig om bij de implementatie van onderwijs gebaseerd op authentieke beroepspraktijken de rol van de docent beter te begrijpen.

Literatuur

- AAAS (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- Apotheker, J., Bulte, A., Kleijn, E. de, Kolen, G. van, Meinema, H., & Seller, F. (2010). *Scheikunde in de dynamiek van de toekomst over de ontwikkeling van scheikunde in de school van de 21^e eeuw*, Enschede: SLO.
- Barab, S. A., & Squire, K. D. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 1–14.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91, 347-370.
- Berlin, D. F., & Lee, H. (2005). Integrating science and mathematics education: Historical analysis. *School Science and Mathematics*, 1, 15-24.
- Berlin, D. F., & White, A. L. (1992). Report from the NSF/SSMA Wingspread Conference: A network for Integrated Science and Mathematics Teaching and Learning. *School Science and Mathematics*, 92, 340-342.
- Berlin, D. F., & White, A. L. (2012). A longitudinal look at attitudes and perceptions related to the integration of mathematics, science, and technology education. *School Science and Mathematics*, 1, 20-30.
- Boaler, J. (1993). Encouraging the transfer of 'school' mathematics to the 'real world' through the integration of process and content, context and culture. *Educational Studies in Mathematics*, 25, 341-373.
- Boersma, K. Th., Graft, M. van, Harteveld, A., Hullu, E. de, Knecht-van Eekelen, A. de, Mazereeuw, M., (2007). *Leerlijn biologie van 4 tot 18 jaar. Uitwerking van de concept-context benadering tot doelstellingen voor het biologieonderwijs*. Utrecht: NIBI.
- Boersma, K., Bulte, A., Krüger, J., Pieters, M., & Seller, F. (2010). *Samenhang in het natuurwetenschappelijk onderwijs voor havo en vwo*. Utrecht: Stichting Innovatie van Onderwijs in Bètawetenschappen en Technologie (IOBT).
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Clarke, D. (1988). *The mathematics curriculum and teaching program professional development package: Assessment alternatives in mathematics*. Carlton, Vic.: Curriculum Corporation.
- Claxton, G. (1991). *Educating the enquiring mind: The challenge for school science*. New York: Harvester Wheatsheaf.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.
- cTWO (2007). *Rijk aan betekenis. Visie op vernieuwd wiskundeonderwijs*. Utrecht: Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs.
- Dam, M., Janssen, F. J. J. M., & Driel, J.H. van (2013). Concept-contextonderwijs leren ontwerpen en uitvoeren – een onderwijsvernieuwing praktisch bruikbaar maken voor docenten. *Pedagogische Studiën*, dit nummer.
- Davison, D. M., Miller, K. W., & Metheny, D. L. (1995). What does integration of science and mathematics really mean? *School Science and Mathematics*, 95(5), 226-230.
- Dierdorp, A., Bakker, A., Eijkelhof, H. M. C., & Maanen, J. A. van (2011). Authentic practices as contexts for learning to draw inferences beyond correlated data. *Mathematical Thinking and Learning*, 13, 132-151.
- Eccles, J. S., Midgley, C., Wigfield, A., Miller Buchanan, C., Reuman, D., Flanagan, C., & Iver, D. M. (1993). Development during adolescence. The impact of stage-environment fit on young adolescents' experiences in schools and in families. *American Psychologist*, 48(2), 90-101.
- Erickson, T. (2002). *Technology, statistics, and subtleties of measurement: Bridging the gap between science and mathematics*. Paper presented at the 6th International Conference on Teaching Statistics (ICOTS-6), Cape Town: South Africa.
- Frykholm, J. A., & Glasson, G. E. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127–141.

- Furner, J. M., & Kumar, D. D. (2007). The mathematics and science integration argument: A stand for teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3, 185-189.
- Galbraith, P., & Stillmann, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modeling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38, 143-162.
- Gattuso, L. (2006). Statistics and mathematics. Is it possible to create fruitful links? In A. Rossman & B. Chance (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Teaching Statistics, Salvador, Brazil*.
- Gellish, R. L., Goslin, B. R., Olson, R. E., McDonald, A. R. G., Moudgil, V. K. (2007). Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *The American College of Sports Medicine*, 39(5), 822-829.
- Geraedts, C. L., Boersma, K. T., Huijs, H. A. M., & Eijkelhof, H. M. C. (2001). *Ruimte voor sonate*. Delft: Stichting Axis.
- Giessen, C. van de, Hengeveld, T., Kooij, H. van der, Rijke, K., & Sonneveld, W. (2007). *Eindverslag van Werkgroep Afstemming Wiskunde-Natuurkunde*. Utrecht: cTWO en NiNa.
- Hurley, M. M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and definitions from new perspectives. *School Science and Mathematics*, 101, 259-268.
- Lee, H.S., & Songer, N.B. (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25, 923-948.
- Lederman, N. G., & Niess, M. L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable semantics? *School Science and Mathematics*, 97(2), 57-58.
- Mooldijk, A., & Sonneveld, W. (2010). Coherent education in mathematics and physics: The theme of proportionality in mathematics and physics. In N. Valadines (Eds.), *Trend in Science and Mathematics Education (TiSME)* (pp. 43-50). Cyprus: Cassoulides.
- Moore, D. S., & Cobb, G. W. (2000). Statistics and mathematics: tension and cooperation. *The American Mathematical Monthly*, 107, 615-630.
- NCTM (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- NRC, National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Newmann, F. M., Smith, B., Allensworth, E., & Bryk, A. S. (2001). Instructional program coherence: What it is and why it should guide school improvement policy. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 23, 297-321.
- Nieveen, N., Handelzalts, A., & Eekelen, I. van (2011). Naar curriculaire samenhang in de onderbouw van het voortgezet onderwijs. *Pedagogische Studiën*, 88, 249-265.
- NiNa, Commissie Vernieuwing Natuurkundeonderwijs havo/vwo (2010). *Nieuwe natuurkunde, advies-examenprogramma's voor havo en vwo*. Amsterdam: Nederlandse Natuurkundige Vereniging.
- Oers, B. van (1987). *Activiteit en begrip. Proeve van handelings-psychologische didactiek*. Amsterdam: VU Uitgeverij.
- Prins, G. T. (2010). *Teaching and learning of modeling in chemistry education*. Utrecht, the Netherlands: CD-Bèta Press.
- Prins, G. T., Bulte, A. M. W., Driel, J. H. van, & Pilot, A. (2008). Selection of authentic modeling practices as contexts for chemistry education. *International Journal of Science Education*, 30, 1867-1890.
- Rossman, A., Chance, B., & Medina, E. (2006). Some key comparisons between statistics and mathematics, and why teachers should care. In G. F. Burrill (Ed.), *Thinking and reasoning with data and chance: Sixty-eighth annual yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 323-333). Reston, VA: NCTM.
- Rudduck, J., Harris, S., & Wallace, G. (1994). 'Coherence' and students' experiences of learning in secondary school. *Cambridge Journal of Education*, 24, 197 - 211.
- Scott, P., Mortimer, E., & Ametler, J. (2011). Pedagogical link-making: A fundamental aspect of teaching and learning scientific conceptual knowledge. *Studies in Science Education*, 47, 3-36.
- Stuurgroep-NLT. (2007). *Contouren van een nieuw bètavak*. Enschede: Stuurgroep-NLT.
- Sunal, D., & Furner, J. M., (1995, March). *Teaching mathematics and science not mathematics or science*. Paper presented at the NASA Teacher Enrichment Program Mid-Year Workshop at the Marshall Space Flight Center, Huntsville: Alabama.

- Van den Akker, J. J. H. (2009). Curriculum design research. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *An introduction to educational design research* (pp. 37-51). Enschede: SLO.
- Van den Akker, J. J. H., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (2006). *Educational design research*. London: Routledge, Taylor & Francis.
- Volman, M. (2011). *Kennis van betekenis. Betrokkenheid als kwaliteit van leerprocessen en Leerresultaten*. Oratie Universiteit van Amsterdam.
- Westbroek, H. B. (2005). *Characteristics of meaningful chemistry education - The case of water quality*. Utrecht: CD Beta Press.
- Westra, R. (2008). *Learning and teaching ecosystem behaviour in secondary education. Systems thinking and modelling in authentic practices*. Utrecht: CD Beta Press.
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67, 223–265.

Auteurs

Adri Dierdorp is als DUDOC-onderzoeker verbonden aan het Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen bij de Universiteit Utrecht. Hij wordt als promovendus begeleid door **Arthur Bakker**, **Jan van Maanen** en **Harrie Eijkelhof**.

Correspondentieadres: Adri Dierdorp, Freudenthal Instituut voor voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Princetonplein 5, 3584 CC, Utrecht. E-mail: a.dierdorp@uu.nl.

Abstract

Meaningful statistics in professional practices as a bridge between mathematics and science: An evaluation of a design research project

Creating coherence between mathematics and science, and making these school subjects meaningful are still topical challenges. This study investigated how students made meaningful connections between mathematics, statistics, science and applications when they engaged in a specially developed unit. This unit is based on professional practices in which mathematical, statistical and scientific knowledge is used. The central question is to what extent professional practices can serve as meaningful contexts for senior high school students (aged 16-17) to help them make connections between mathematics, statistics, science and professional practices. Surveys on the opinions of students (388 before and 27 after completing two chapters of the unit) on the educational strategy, and student work are used to answer this question. The analysis of responses to surveys shows that students consider an educational strategy based on authentic professional practices meaningful. The results indicate that an educational strategy based on professional practices can help students to make connections between mathematics, statistics, science and professional practices.