

Wiskunde wordt niet vaak gekozen als eerste of enige vak voor een profielwerkstuk. Wel zijn er wiskundige elementen te vinden in de meeste profielwerkstukken voor de andere bètavakken. In dit artikel laten **Monica Wijers** en **Andrée Jambroes** mogelijkheden zien en geven ze aanbevelingen hoe op een eenvoudige manier de bijdrage van wiskunde in de bètaprofielwerkstukken vergroot kan worden.

Wiskunde in het Profielwerkstuk

Inleiding

Het Project Bèta Profielen in het Studiehuis (BPS¹) heeft zich onder andere beziggehouden met een onderzoek naar het functioneren van het profielwerkstuk in de projectscholen (Genseberger e.a., 2002). In het schooljaar 2000-2001 werden op de RSG Broklede de eerste ervaringen opgedaan met het maken van een profielwerkstuk. In dat jaar gebeurde dat nog alleen op de HAVO, want het VWO was nog niet aan het tweede fase eindexamen toe. De leerlingen kozen aan het eind van 4 HAVO het vak voor het profielwerkstuk en kozen daarbij een onderwerp. Het was toen officieel al niet meer verplicht om een profielwerkstuk voor twee vakken te maken. Slechts één groepje leerlingen koos voor het profielwerkstuk het vak wiskunde.

Hoewel het vak wiskunde nauwelijks wordt gekozen voor het profielwerkstuk, is het wel waarschijnlijk dat wiskundige activiteiten voorkomen in veel profielwerkstukken van de leerlingen met een bètaprofiel. De leerlingen doen immers een natuurwetenschappelijk onderzoek en dat is bijna ondenkbaar zonder gebruik van wiskunde. Dat betekent dat in de profielwerkstukken van Broklede voor de bètavakken aanknopingspunten te vinden zullen zijn om de wiskunde meer expliciet te benadrukken. Het zichtbaar maken van wiskunde in de profielwerkstukken bevordert het vakoverstijgend denken en doet daarmee meer recht aan de profielgedachte.

Werkwijze

We zijn in de profielwerkstukken van de natuurwetenschappelijke vakken op zoek gegaan naar aanknopingspunten voor wiskunde. In juni 2001 hebben we de afgeronde profielwerkstukken voor biologie, natuurkunde en scheikunde bekeken. Daaruit concluderen we dat bij de meeste profielwerkstukken voor bètavakken voldoende mogelijkheden bestaan voor een wiskundige uitbreiding of aanvulling. Bij veel onderwerpen, met name uit de biologie en soms scheikunde, blijkt een statistisch onderzoek te kunnen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld een con-

sumentenonderzoek of een ethisch onderzoek. Kansrekening en statistiek passen bij onderwerpen die te maken hebben met populatiegroei en epidemiologie. Verder komt natuurlijk grafische verwerking van meetresultaten in veel onderzoeken voor. Bij natuurkunde en soms scheikunde biedt ook het gebruiken, analyseren en interpreteren van formules, tabellen en grafieken uit ‘achtergrondliteratuur’ een duidelijk aanknopingspunt naast het gebruikelijke rekenwerk.

Het is niet zo dat door het meer benadrukken van wiskundige aspecten het profielwerkstuk meteen een volwaardig twee-vakkelig werkstuk wordt. De gevonden wiskundige mogelijkheden liggen inhoudelijk vaak op een elementair vlak en zeker niet op examenniveau. Wel komen onderzoeksvaardigheden uit domein A van het wiskunde examenprogramma aan de orde, zoals:

- gegevens met elkaar en met de probleemstelling in verband brengen, op grond daarvan een passende aanpak kiezen en deze zo mogelijk opsplitsen in deeltaken.
- in een tekst verstrekte gegevens doelmatig weergeven in een geschikte wiskundige representatie.
- vaststellen of een gekozen model voldoet en, indien nodig, een bijstelling hiervan suggereren.
- vaststellen of er aanvullende gegevens nodig zijn en zo ja, welke.
- onderzoeken in hoeverre het model bijgesteld moet worden ten gevolge van wijzigingen in de gegevens.

Hoewel de mogelijkheden beperkt zijn, vinden we het toch belangrijk om de wiskundige elementen ook daadwerkelijk te benadrukken in het onderzoek en het onderzoeksverslag. Hiervoor zou al in een vroeg stadium tijdens het werken aan een profielwerkstuk door een wiskundedocent meegekeken en gedacht moeten worden. We hebben geprobeerd dit in het schooljaar 2001-2002 op Broklede te realiseren. De leerlingen konden toen alleen kiezen voor biologie (N&G) of scheikunde (N&T).

De eerste fase van het werken aan het profielwerkstuk bestaat uit het kiezen van het onderwerp, het formuleren van de onderzoeksvraag en het schrijven van een onderzoeksopzet. Leerlingen houden een logboek bij waarin ze de werkwijze en uitgevoerde activiteiten beschrijven. Ook kunnen ze vragen voor de docent noteren in het logboek. De docent schrijft vervolgens een reactie in het logboek. Aan het eind van deze fase volgt een gesprek met de begeleidende docent en wordt aangegeven of de leerlingen verder mogen ('go') of dat er nog aanpassingen nodig zijn ('no go').

Halverwege deze eerste fase (november 2001) hebben de begeleidende docenten en een vakdidacticus wiskunde van het BPS-project samen de onderzoeksvoorstellen en logboeken bekeken. Bij alle profielwerkstukken, twaalf voor biologie en negen voor scheikunde, zijn de mogelijkheden voor wiskundige activiteiten geïnventariseerd en doorgesproken.

De begeleidende docenten hebben vervolgens deze mogelijkheden met hun leerlingen besproken. Helaas was het niet voor alle leerlingen mogelijk om de suggesties ten uitvoer te brengen. Vaak waren de leerlingen hiervoor al te ver met het onderzoek en de uitwerking van de onderzoeksresultaten.

De uiteindelijke profielwerkstukken zijn nogmaals geanalyseerd op de manier waarop de wiskunde expliciet is gemaakt. Hieronder beschrijven we enkele resultaten.

Resultaten bij biologie

In elk profielwerkstuk waren mogelijkheden om wiskundige aspecten te verwerken, hoewel die bij sommige onderwerpen meer voor de hand lagen dan bij andere. Een aantal wiskundige elementen die we tegenkwamen in de onderzoeken waren: het grafisch verwerken van meetresultaten, het omgaan met kwalitatieve grootheden en het uitwerken van een enquête. Van elk van deze onderwerpen laten we voorbeelden zien.

Het grafisch verwerken van meetresultaten

Drie groepen hebben een onderzoek uitgevoerd waarbij dit aspect benadrukt kon worden. Eén groep heeft zich beziggehouden met onderzoek naar de condities waaronder melk zuur wordt. Een andere groep deed onderzoek naar de omstandigheden waaronder het proces van verzuring van witte kool het beste verloopt. En een derde groep onderzocht de omstandigheden waarbij het enzym katalase het beste werkt. Na het formuleren van hypothesen deden de leerlingen uit deze drie groepen op verschillende tijdstippen en onder verschillende condities metingen aan hun proefopstelling. In de eerste twee onderzoeken werd de temperatuur en de pH gemeten, in het derde onderzoek de grootte van een luchtbel als maat voor de enzymwerking. Uit de proefresultaten zijn conclusies getrokken die weer teruggekoppeld werden naar de hypothesen en de theorie.

Mogelijkheden

Wiskundige activiteiten zijn in dit type onderzoek eenvoudig te realiseren bij het grafisch weergeven van de hypothese en de meetresultaten.

Het ligt voor de hand dat vanuit de theorie hypothesen over het verloop van het verzuringsproces worden geformuleerd. Hierbij kan de afhankelijkheid van de temperatuur worden meegenomen. In het geval van katalase kunnen hypothesen worden geformuleerd over het verloop van de enzymwerking bij verschillende pH en temperatuur. Daarvoor moeten de leerlingen vanuit de theorie ideeën hebben opgedaan. Dergelijke hypothesen kunnen heel goed grafisch worden geschetst. Na de uitvoering van het onderzoek kunnen de meetresultaten grafisch worden weergegeven. Ten slotte kunnen grafieken van de hypothese en de resultaten worden vergeleken en kunnen conclusies worden getrokken.

Bij het maken van de grafieken is het van belang goed na te denken over de variabelen die een rol spelen, en over welke variabelen met elkaar in verband moeten worden gebracht. Dit bepaalt wat er bij de assen staat en wat voor schaalverdeling zinvol is.

Welke wiskunde is gerealiseerd

Er zijn duidelijk verschillen tussen het profielwerkstuk over melk en dat over zuurkool. Het eerstgenoemde profielwerkstuk is weinig exact: er wordt niet vermeld wat precies is gemeten, hoe vaak er is gemeten enzovoort. Ook de verwerking van de meetgegevens is weinig doordacht: zo zijn bijvoorbeeld de pH-waarden van alle condities per meetmoment in een staafgrafiek weergegeven (zie figuur 1). Deze mooi in Excel uitgevoerde staafgrafieken bieden de mogelijkheid om de pH van de verschillende condities en soorten melk onderling te vergelijken, maar daar gaat het eigenlijk niet om. Van belang is het verloop van de pH-waarde per conditie in de tijd.

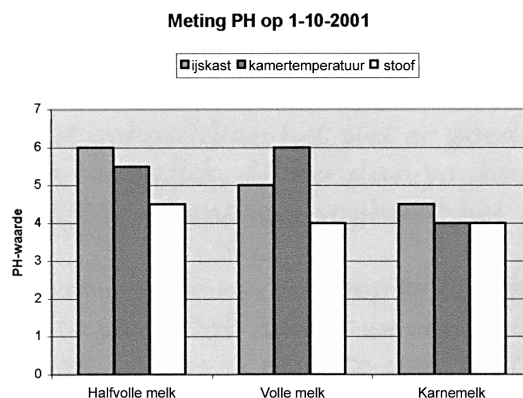


fig. 1 pH-metingen van melksoorten in verschillende condities

In het profielwerkstuk over zuurkool zijn de metingen wel tegen de tijd uitgezet (zie figuur 2). Dit is keurig met de hand gedaan, want in Excel bleek dat niet zo één twee drie te lukken.

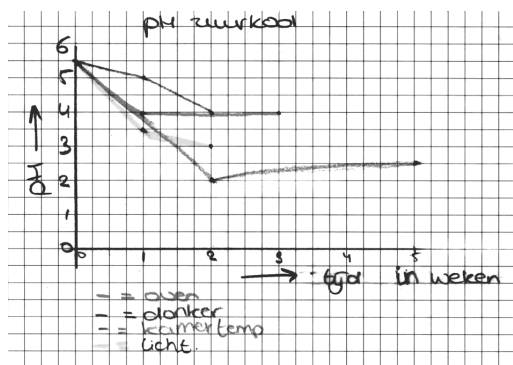


fig. 2 Verloop van pH tegen de tijd onder verschillende condities

Het omgaan met kwalitatieve grootheden als geur, dikte en kleur

Mogelijkheden

Bij een onderzoek naar het bereiden van kefir en bij een onderzoek naar het proces van zuurkool maken, werden gedurende het proces waarnemingen gedaan waarbij eventuele veranderingen in geur, kleur en dikte 'gemeeten' moesten worden. Om dergelijke kwalitatieve grootheden te kunnen meten, moeten leerlingen zelf een meetmethode en een schaal bedenken. Dit biedt aanknopingspunten met wiskunde.

Een dergelijke schaal zouden ze bijvoorbeeld eerst kunnen ontwikkelen en vervolgens met proefpersonen op betrouwbaarheid kunnen testen. Een klein stukje nuttige wiskunde! Ook is het bijvoorbeeld interessant om experimenteel na te gaan of de meer subjectieve variabele 'zuurheid van de geur' te vervangen is door de objectief te meten pH-waarde. Onderzocht kan dan worden: welke verschillen in pH-waarde zijn te ruiken?

Welke wiskunde is gerealiseerd

Er zijn in het profielwerkstuk over kefir interessante mogelijkheden blijven liggen bij een uitgevoerd geurexperiment. Het is een verstandige keuze om vijf proefpersonen onafhankelijk van elkaar de verschillende mengsels op zuurheid te laten ordenen (zie tabel 1).

De conclusie die hieruit wordt getrokken zou dan ook eenvoudig numeriek onderbouwd kunnen worden door bijvoorbeeld te werken met rangordecijfers. Aan dit soort wiskundige activiteiten, die overigens niet letterlijk tot de wiskundestof behoren, valt wel te zien of leerlingen de onderzoeksvaardigheden uit het examenprogramma beheersen.

Dikte	
1. dun	5. dikke pudding
2. dun vloeibaar	6. dik
3. vloeibaar drillerig	7. dikke klont
4. drilpudding	8. klont

fig. 3 Dikte-schaal

In het profielwerkstuk over zuurkool is een poging gedaan om dikte meer objectief te meten en te beschrijven. De leerlingen hebben hiertoe een achtpunts dikteschaal beschreven en gebruikt (zie figuur 3).

Het uitwerken van een enquête

Mogelijkheden

Het opstellen, afnemen en uitwerken van een enquête kan heel vaak worden toegevoegd aan een onderzoek. Dit biedt mogelijkheden om eenvoudige statistiek in te zetten.

Dit onderdeel was het meest moeilijke om te onderzoeken omdat voor iedereen anders is. Daarom hebben we inclusief onszelf nog drie andere personen gevraagd om de kefirsoorten op volgorde van minst onaangenaam te zetten. Hier de resultaten:

Tabel 1: Resultaten van geurexperiment						
Persoon 1						
Volle	Geit	Gest.V	Karne	Halfvolle	Gest. Hv	Soja
Persoon 2						
Halfvolle	Geit	Karne	Volle	Gest.V	Soja	Gest. Hv
Persoon 3						
Gest. Hv	Volle	Gest.V	Karne	Geit	Halfvolle	Soja
Persoon 4						
Geit	Volle	Halfvolle	Karne	Gest.V	Gest. Hv	Soja
Persoon 5						
Volle	Geit	Gest.V	Halfvolle	Gest.Hv	Karne	Soja

Conclusie is dus dat de geitenmelk en de volle melk nog de meest aangename geur hebben, en de sojamelk en de gesteriliseerde melken het minst worden gewaardeerd.

Welke wiskunde is gerealiseerd

Zo is in het profielwerkstuk over kefir een consumentenonderzoek gedaan. Onderzocht is daarbij of de medeleerlingen geloven dat Yakult echt werkt of dat het 'uit de lucht gegrepen verkooppraatjes zijn'. Het onderzoek lijkt nogal uit de losse hand opgezet, de presentatie van de resultaten is erg globaal. Wat het meest opvalt is dat de resultaten slechts beschreven worden in tekst, er komt geen grafiek of tabel in voor (zie figuur 4).

Alle groepen bij elkaar geloofden er maar tweeëndertig van de honderd mensen in de werking van Yakult. De gelovers kwamen voornamelijk uit het vwo vandaan met vijftwintig personen, met name uit de onderbouw hiervan. De havo is wat sceptischer met een teleurstellend getal van maar zeven gelovers. Van de tweeëndertig gelovers was 62,5% van het vrouwelijke geslacht en dat is goed voor in totaal twintig personen. Van deze twintig personen kwamen er dertien uit de vwo-onderbouw, dus de volledige vwo-onderbouw van het vrouwelijke geslacht die we hebben onderzocht geloofde in de werking van Yakult.

fig. 4 Resultaten van enquête naar de werking van Yakult

Ook in het profielwerkstuk over pekeldreeftjes is een vragenlijst gebruikt. De leerlingen hebben een ethisch onderzoek uitgevoerd. Ze hebben onderzocht wat medeleerlingen ervan vinden dat ze een onderzoek hebben uitgevoerd waarbij ze met levende dieren hebben gewerkt met een grote kans dat deze dood gaan. In dit geval is de vraagstelling helder uitgewerkt in een enquêteformulier.

	jongen				Docent
	12-13	14-15	16-17	18	
Voor	6	19	8	8	2
Tegen	8	11	0	0	3
Weet niet	0	0	0	1	2

fig. 5 Deelresultaten ethisch onderzoek

Naast een antwoord op de vraag of men tegen proeven met levende dieren in biologiepractica is, geeft elke geënquêteerde hiervoor een reden. Verder worden leeftijd en geslacht gevraagd. Hoewel ook in dit werkstuk de conclusies niet echt goed onderbouwd zijn, zijn bij de verwerking van de resultaten wel tabellen gebruikt. Daarbij is een splitsing aangebracht naar geslacht en binnen beide groepen zijn vervolgens leeftijdsklassen onderscheiden (zie figuur 5).

Conclusies voor biologie

Het grafisch verwerken van meetresultaten is een wiskundig element dat in veel profielwerkstukken een plaats

kan krijgen. Daaraan voorafgaand moeten natuurlijk relevante variabelen, de meetschaal en meetmethoden worden vastgesteld. Ook daarin zitten raakvlakken met de wiskunde.

Het is van belang dat leerlingen goed nadenken over de keuze van de te maken grafieken. Het criterium voor deze keuze moet zijn: 'Wat moet er in beeld worden gebracht?' en niet: 'Welke grafieken kan Excel maken?' Het lijkt erop dat dat dit laatste criterium nogal vaak gehanteerd wordt. Een gecombineerd staafdiagram in kleur ziet er natuurlijk prachtig uit, maar geeft niet altijd relevante informatie! Mogelijk ligt hier ook enig onbegrip over het hoe en waarom van een grafiek aan ten grondslag.

Bij het grafisch verwerken van resultaten is na de keuze voor de juiste soort grafiek van belang wat (welke grootte) er bij de assen komt en welke schaal gehanteerd wordt. Ook over het bijschrift zal moeten worden nagedacht. Dit lijken elementaire zaken, maar uit de bekeken werkstukken blijkt toch dat er voor leerlingen nog veel haken en ogen aan zitten.

Een tweede manier is het omgaan met kwalitatieve grootheden. Deze grootheden moeten eerst goed worden gekozen en vervolgens moeten ze vaak door de leerlingen zelf geschaald worden. Daarbij is natuurlijk de eenduidigheid en betrouwbaarheid van zo'n schaal van belang. Hierbij kan elementaire statistiek worden ingezet.

Een derde manier waarop wiskunde in het profielwerkstuk een plaats kan krijgen, is het uitvoeren van een consumentenonderzoek, een ethisch onderzoek, of een productvergelijking. Veel biologische onderwerpen lenen zich goed voor de toevoeging van een dergelijk onderzoek. De wiskunde die daarbij een rol speelt bestaat uit onderdelen van de statistiek. Daarbij komen zaken als het opstellen van goede enquêtevragen, een passende schaal voor de scoring, de steekproeftrekking, grafische verwerking en soms ook het omgaan met maten als (gewogen) gemiddelde, spreiding, en modus aan bod.

Resultaten bij scheikunde

In totaal zijn negen profielwerkstukken voor het vak scheikunde bekeken. In al deze werkstukken wordt een experiment gedaan en wordt er gemeten.

Mogelijkheden

Dat betekent dat ook hier keuze van variabelen, vaststellen van de (meet)schalen en het grafisch verwerken van meetresultaten voor de hand liggende aanknopingspunten voor wiskunde bieden. Daarnaast wordt er meer dan bij biologie gerekend: dat betreft vaak chemisch rekenen en rekenen met verhoudingen en procenten. Ook een discussie over fouten komt vaker voor en biedt mogelijkheden voor wat extra wiskunde. Vanuit de theorie komen regelmatig formules voor. Het onderzoeken van deze formules en het globaal erover redeneren is een goede wiskundige aanvulling op het profielwerkstuk.

Welke wiskunde is gerealiseerd

We geven hier een voorbeeld van het omgaan met formules in samenhang met een foutendiscussie.

De leerlingen hebben zelf een polarimeter gebouwd. Dit is een apparaat waarmee de draaiing van gepolariseerd licht door oplossingen van optische stoffen wordt gemeten. Uit de draaiingshoek kan vervolgens de concentratie van een oplossing worden bepaald. Bij het bouwen moet ook een goede uitleesschaal (hoeken in graden) worden geconstrueerd. Vervolgens hebben de leerlingen metingen uitgevoerd om de polarimeter te testen (zie tabel 2). Daarbij wordt een formule gebruikt om de gemeten hoeken te kunnen vergelijken met de theoretische (standaardwaarden) van de draaihoek (zie figuur 6).

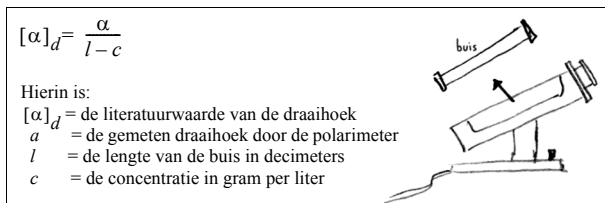


fig. 6 Polarimeter en formule

Met name de gebruikte formule biedt veel aanknopingspunten voor wiskundige bespiegelingen. Nadat de waarde van l (de lengte van de buis) in de formule is verwerkt, worden de testmetingen uitgevoerd met oplossingen waarvan de concentratie bekend is.

Ook daarbij komt wat wiskunde van pas: waarom kun je op een grotere cirkel hoeken nauwkeuriger aflezen? En hoe pas je de schaalverdeling daartoe aan?

Ook de invloed die de waarden van l en c hebben op de nauwkeurigheid van de berekende hoek kan worden onderzocht. Door twee variabelen vast te zetten kan de invloed van de derde worden vastgesteld.

‘Ook is goed te zien in het geval van D-glucose dat het verschil tussen de twee experimentele resultaten gering is (twee graden), maar dat het tien graden als literatuurwaarde kan schelen door de formule. Dat kan dus ook vertekening geven, het is dus bijzonder belangrijk om alles wat je doet met uiterste nauwkeurigheid te doen.’

fig. 7 Tekst bij testen van een polarimeter met $c=0,2$ g/ en $l=2$ dm

Er is wel iets van bovengenoemde overwegingen en berekeningen expliciet te vinden in het werkstuk, hoewel dat weinig wordt uitgediept. Het valt de leerlingen op bij het werken met een echte (niet zelfgebouwde) polarimeter dat een kleine meeton nauwkeurigheid leidt tot heel grote afwijkingen in de berekende waarde van α (zie figuur 7).

Dit leidt echter niet tot een meer systematisch onderzoek naar hoe dit komt en of met andere concentraties de invloed van meetfouten minder wordt. Ook leiden de resultaten van deze metingen en het geconstateerde effect van

Tabel 2: Meetresultaten gebouwde polarimeter

Stof	Gemeten draaihoek in graden	Literatuurwaarde volgens de formule (in graden)	Eigenlijke literatuurwaarde (in graden)	Afwijking in graden
D-fructose	7,0 linksdr.	$7/(0,7 \cdot 0,1)=100,0$	89,5	10,5
D-fructose	6,0 linksdr.	$6/(0,7 \cdot 0,1)=85,7$	89,5	3,8
D-glucose	4,0 rechtsdr.	$4/(0,7 \cdot 0,1)=57,2$	54,0	3,2
D-glucose		$6/(0,7 \cdot 0,1)=85,7$	54,0	31,7

De gemeten draaihoek en de waarde voor c worden in de formule ingevoerd om zo de literatuurwaarde voor de draaihoek te berekenen. Vervolgens wordt deze waarde vergeleken met de eigenlijke literatuurwaarde: dit bepaalt bij de zelfgebouwde polarimeter hoe goed de polarimeter is (zie figuur 6). Waarbij natuurlijk het effect van meetfouten niet mag worden uitgesloten!

Zo kan de invloed van variatie in de gemeten waarden van de draaihoek α worden bepaald. Dan blijkt dat één graad onnauwkeurigheid in de meting leidt tot een afwijking van ruim veertien graden in de uiteindelijk berekende literatuurwaarde van de hoek! Dat betekent dat het uitlezen van metingen nauwkeurig moet kunnen gebeuren en dat stelt weer eisen aan de af te lezen schaal en het aantal significante cijfers bij het bepalen.

aflees-onnauwkeurigheden bij de echte polarimeter niet tot het maken van een betere schaalverdeling. Wel merken de leerlingen op dat hun schaalverdeling misschien niet goed genoeg is (zie figuur 8). Toch geven ze zonder blikken of blozen hoekwaarden in één decimaal nauwkeurig op!

‘Onze schaalverdeling bestond uit een verdeling die per vijf graden liep en al wat daartussen zat was nattevingerwerk. Toch blijkt dus weer wat een verschil tussen een afgelezen hoek van 4,0 en 6,0 graden kan doen met de berekende literatuurwaarde.’

fig. 8 Over de schaalverdeling

Conclusie voor scheikunde

Er zijn, naast de bij biologie genoemde grafische verwerking, bij scheikunde vooral mogelijkheden om het redeneren met formules en het effect van meetfouten ook van de wiskundige kant nader te belichten. Er zal dan waarschijnlijk expliciet aandacht moeten worden besteed aan de manier waarop effecten van meetfouten of andere variaties in bijvoorbeeld de vast te zetten variabelen onderzocht kunnen worden. Verder kan er bij het rekenen, vaak met verhoudingen en percentages, aangesloten worden bij de manier waarop dat in de wiskunde wordt gedaan. Met name in de onderbouw wordt daarbij de verhoudingstabel gebruikt. Deze zou ook bij de natuurwetenschappelijke vakken in de bovenbouw een goed houvast kunnen bieden om berekeningen te structureren en inzichtelijk uit te voeren (Van der Valk e.a., 2001a en 2001b, Wijers e.a. 2001).

Slotconclusie en aanbevelingen

Bij het maken van een profielwerkstuk in de β -profielen zijn veel mogelijkheden om wiskunde te betrekken. Helaas zien leerlingen en vaak ook docenten deze over het hoofd. Wil je als β -profielteam wiskunde een duidelijke plaats geven in de profielwerkstukken, dan adviseren wij:

1. Het β -profielteam. Neem het gebruik van wiskunde expliciet op in de eisen voor het profielwerkstuk, regel het organisatorisch en betrek het in de beoordeling.
2. De wiskundedocent gebruikt oude profielwerkstukken om zich te oriënteren op de mogelijke aankno-

pingspunten met wiskunde.

3. De wiskundedocent besteedt in overleg met de docenten van de natuurwetenschappelijke vakken tevoren klassikaal één à twee lessen aan de wiskunde die vaak voorkomt in de profielwerkstukken zoals:
 - het maken van grafieken bij meetresultaten
 - maten en schalen ontwikkelen
 - rangorden maken bij kwalitatieve metingen
 - uitwerken van een enquête
 - eenvoudige statistiek.
4. De docent natuur-, scheikunde of biologie wijst in de lessen de leerlingen expliciet op veel voorkomende wiskunde in relatie tot zijn/haar vak.
5. De wiskundedocent neemt bij het eerste go/no go moment de plannen per profielwerkstuk door en geeft elke groep aanwijzingen voor mogelijk gebruik van wiskunde. Dit gebeurt nogmaals bij het tweede moment.
6. De wiskundedocent geeft feedback op, en liefst ook een beoordeling van, de manier waarop de wiskunde in het uiteindelijke werkstuk naar voren komt.

Op deze manier kan de samenhang tussen de β -vakken sterker worden en wordt de rol van wiskunde bij de natuurwetenschappelijke vakken ook voor de leerlingen helderder.

*Monica Wijers, Freudenthal Instituut
Andrée Jambroes, RSG Brokledde, Breukelen*

Noot

[1] Zie: www.fi.uu.nl/bps

