

Wiskunde is een struikelblok voor natuurprofielleerlingen – volgens de docenten in de natuurwetenschappen. Door het curriculum te veranderen wordt dit opgelost – denkt de minister. Wat zijn de klachten precies en hoe kan het programma aangepast worden, zodat wiskunde samen met de natuurwetenschappen aantrekkelijke natuurprofielen kan vormen? **Gabby Zegers, Ad Mooldijk en Harrie Eijkelhof**, CD β , gaan in op deze vraag.

Wiskunde en de natuurwetenschappen staan samen sterk

In de nieuwste plannen van de minister met de Tweede Fase (OCenW, 2003) is de argumentatie om het aantal uren wiskunde voor bèta-leerlingen drastisch terug te brengen mede gebaseerd op klachten vanuit de natuurwetenschappelijke vakken. Gesteld wordt dat de zwaarte van het vak wiskunde leerlingen belet om te kiezen voor een natuurprofiel. Dit is inderdaad terug te lezen in diverse studies (SLO, 2001; Verkenningcommissie scheikunde, 2002). Het proportioneren en aanpassen van het examenprogramma dient de kwaliteit en haalbaarheid van het wiskundeonderwijs, zo gaat de redenering van de minister verder. Bovendien zou dat weer meer bèta's opleveren. In de behoefte van de enkeling met een wiskunde-knobbel wordt voorzien door een nieuw vak te introduceren, 'voortgezette wiskunde'.

Deze redenering roept veel vragen en reacties op. Op een daarvan willen we hier ingaan: hoe kan het wiskundeprogramma aangepast worden om ervoor te zorgen dat wiskunde voor leerlingen geen afschrikkend struikelblok meer is, en dat het in de nieuwe situatie zelfs een duidelijke plaats en een logische functie binnen het natuurprofiel heeft?

Problemen met wiskunde in de natuurprofielen

Voorafgaand aan enkele suggesties voor antwoorden op deze vraag lijkt het goed de klachten over de inhoud en de rol van het vak wiskunde ten opzichte van de natuurwetenschappen scherper te definiëren.

Meer dan de helft van de leerlingen noemt wiskunde als het lastigste vak in hun profiel (Tweede Fase Advies Punt, 2001). Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen direct toepasbare wiskunde als statistiek, waarmee men minder moeite heeft, en de abstractere wiskunde B-onderdelen, die leerlingen lastig vinden (SLO, 2002) en waarbij zij twijfelen over het nut. Daarnaast ervaart een meerderheid het wiskunde (A en B)-curriculum als 'overladen' (Tweede Fase Advies Punt, 2001).

In de vakdossiers van de natuurwetenschappelijke vakken wordt bij biologie en natuurkunde geconcludeerd dat het deelvak wiskunde B1 niet in alle opzichten voldoet

(SLO, 2001). Waarschijnlijk wordt bedoeld dat de ondersteunende rol van wiskunde voor deze vakken te wensen overlaat, bijvoorbeeld door de huidige onderwerpkeuze en volgorde. Ditzelfde geldt voor scheikunde (SLO, 2002; Verkenningcommissie scheikunde, 2002).

Afstemmingsmogelijkheden met wiskunde worden wel gesignaleerd, maar nog zeer beperkt in de dagelijkse praktijk gebruikt (SLO, 2002; Zegers et al., 2002).

De inhoudelijke problemen met de zwaarte van het vak schuilen dus in de abstractheid, toepasbaarheid en overlappendheid van het vak. Verder is de rol van wiskunde ten opzichte van de andere vakken nu te weinig ondersteunend en zijn de vakken niet op elkaar afgestemd. Concreter worden de klachten in de genoemde inventarisaties echter niet en juist die concreetheid zou interessant zijn voor het geven van een aanzet tot mogelijke oplossingen.

Kwalitatieve verbanden, contexten en eenheden

In gesprekken met docenten, bijvoorbeeld in het kader van het SONaTe onderzoek¹ naar samenhang in de natuurprofielen, wordt de problematiek al iets helderder. De natuurwetenschappelijke vakken leggen de laatste jaren minder de nadruk op kwantitatieve en algebraïsche aspecten en geven meer aandacht aan redeneringen en kwalitatieve verbanden.

Vanuit de wiskunde wordt in een Engelse studie geconstateerd (Institute of Physics, 1999) dat 'natuurkunde een voornamelijk kwalitatief vak is geworden (...) en zich daarmee afwendt van zijn oorspronkelijke afhankelijkheid van wiskunde'.

Wanneer wiskunde betrokken wordt bij een onderwerp uit de natuurwetenschappen en de verbanden gekwantificeerd worden, vinden de vakdocenten het snel te formalistisch worden. Bovendien is bij kwantitatieve verbanden de onderliggende wiskunde ook voor de vakdocenten vaak lastig, bijvoorbeeld bij populatiedynamica in de biologie.

Het leggen van kwalitatieve verbanden is voor leerlingen vaak heel lastig. Een Engelse student betoogt (Institute of Physics, 1999) dat het makkelijker is intuïtief berekeningen uit te voeren, en alleen wiskunde te gebruiken wan-

neer het niet langer mogelijk is een visueel beeld te vormen van een situatie.

Daarnaast legt deze student de vinger op een bijkomend en bekend probleem van het kwantificeren, namelijk dat wanneer we eenmaal onze gedachten op de wiskundige notatie hebben gericht, het onderwerp waar we mee begonnen moeilijker te zien is, waardoor (in dit geval) fysisch begrip en inzicht moeilijker te bereiken zijn. Net zoals veel van de andere conclusies en opmerkingen uit deze studie geldt dit niet alleen voor de natuurkunde, maar ook voor de andere natuurwetenschappelijke vakken.

Dit staat in nauwe relatie met een derde probleem, namelijk het rekenen met eenheden. Bij wiskunde leren de leerlingen dit niet, terwijl het bij de natuurwetenschappen erg belangrijk is te weten met welke eenheden je werkt en wat er aan de eenheden verandert als je bijvoorbeeld een afgeleide neemt.

Rol van wiskunde

Wiskunde heeft een dubbele rol in het voortgezet onderwijs. Enerzijds dient wiskunde de andere vakken, anderzijds legt het een basis voor het vak wiskunde zelf. Deze aspecten worden vaak als concurrerend beschouwd.

De rol van wiskunde komt ook in de Engelse studie aan de orde. Wiskunde moet niet alleen beschouwd worden als een handig gereedschap, maar ook als een zeer effectieve manier (een soort taal) om de natuur te beschrijven (Institute of Physics, 1999).

Oplossingen

Deze functie kan een gezicht krijgen door de dubbele rol van het vak wiskunde expliciet te maken. Door een wisselwerking tussen de vakken tot stand te brengen, krijgt de ondersteunende rol van wiskunde binnen de wiskunde zelf meer het karakter van voorbeelden van de effectieve manier waarop met wiskunde de natuur beschreven kan worden en zo wordt ook de meer fundamentele wiskunde die binnen het programma aanwezig is gelegitimeerd.

Om de natuurwetenschappen beter te ondersteunen zou het wiskundeonderwijs meer aandacht aan kwalitatieve verbanden moeten schenken, en minder aan herleidingen en berekeningen.

Ook de consequenties van bepaalde wiskundige bewerkingen voor de eenheden moeten bij wiskunde expliciet aan de orde komen.

Ondersteuning van wiskunde door de natuurwetenschappen kan gevonden worden in het gebruik van natuurwetenschappelijke voorbeelden bij wiskunde. Voor wiskundedocenten is het vaak lastig goede voorbeelden te noemen bij een wiskundig onderwerp. Desgevraagd weten collegae van de andere vakken vaak ook niets te bedenken, omdat zij geen goed overzicht hebben van wiskundeonderdelen. Een benadering van de andere kant, kijkend vanuit de natuurwetenschappen en de daar benodig-

de wiskunde, zou meer voorbeelden op kunnen leveren voor de wiskundeles. Bovendien zouden leerlingen minder snel afgeleid zijn door een wiskundige bewerking in een vraagstuk wanneer zij bij alle vakken wiskunde in een context zien. Het is van belang dat een leerling ziet dat, en door heeft waarom, dezelfde wiskundige bewerking in verschillende contexten terugkomt. Bekendheid en frequente blootstelling aan dezelfde ideeën in een andere context zorgt stukje bij beetje voor inzicht (Institute of Physics, 1999).

Door aan te sluiten bij behoeften uit deze vakken is voor beide partijen winst te behalen uit de samenwerking: wiskundige ondersteuning waar nodig in de natuurwetenschappen en voorbeelden bij wiskunde om de toepasbaarheid aan te geven. Wiskunde wordt hierdoor minder abstract en dus wellicht minder moeilijk voor leerlingen. Meer samenwerking en afstemming dus!

*‘Mathematics makes physical reasoning easier- a point sometimes lost on students’
(Institute of Physics, 1999)*

Vanuit de natuurwetenschappen lijken de volgende onderwerpen geschikt voor een vergaande afstemming met wiskunde. Deze volgen uit gesprekken met docenten en uit ervaringen van nader uitgewerkte initiatieven op dit gebied, zoals bijvoorbeeld het project BètaProfielen in het Studiehuis (BPS, 2001):

- Algebra. Het besef moet groeien dat variabele x ook een grootte als bijvoorbeeld concentratie kan zijn. Dat kan alleen door bij de wiskundeles ook voorbeelden te gebruiken met verschillende grootheden.
- Regressie. Voor het zoeken van verbanden bij een aantal meetpunten.
- Statistiek ‘met veel concrete voorbeelden uit de bèta-praktijk’: data-analyse zoals foutenanalyse, significantie, kwantitatieve analyse (voor profielwerkstukken) en kansberekening (voor erfelijkheidsleer).
- Verhoudingstabellen.
- Evenredigheden. Verschillende vormen zijn mogelijk. Dit is een voorbeeld van het werken met verbanden.
- Grafieken.
- Differentiëren. Wat doe je precies, wat heb je eraan en wat gebeurt er met de eenheden? Expliciteren dat er bij wiskunde geen eenheden gebruikt worden, in tegenstelling tot de natuurwetenschappen.
- Werken met (deel)verzamelingen. Vooral in de onderbouw van belang bij het onderdeel ordenen in de biologie.
- Logaritmen. Voor pH-berekeningen, enzymreacties en begrip van de decibelschaal bij geluidssterkte.
- Goniometrie. Sinusbewegingen in de natuur (eb en vloed bijvoorbeeld), afstandsmetingen.
- Meetkunde, bij fractals, kristalstructuren in gesteente en bij optica.
- Ruimte meetkunde voor de berekening van hoeken in moleculen.

- Differentiaalvergelijkingen en het modelleren van processen.

Revitalisatie van het vak wiskunde

Wiskunde blijft een tweeledige functie houden in de herziene natuurprofielen. Wiskunde heeft een eigen agenda met onderwerpen die aan bod moeten komen, niet omdat de natuurwetenschappen daar meer ondersteuning voor nodig hebben. Deze onderwerpen horen óók in een bèta-profiel thuis. Wat betreft de ondersteuning verdient de aansluiting van eerdergenoemde aanknopingspunten met de natuurprofielen extra aandacht. Deze ondersteunende wiskundeonderdelen zijn nu te impliciet aan de natuurwetenschappen verbonden.

Om een relevant en samenhangend programma van de natuurprofielen te bereiken is een vergaande samenwerking nodig, zowel binnen de scholen als op landelijk niveau. Docenten moeten de meerwaarde van samenwerking binnen de natuurprofielen zien en samen voor oplossingen zorgdragen. Op landelijk niveau kan dit ondersteund en gestimuleerd worden door vakdidactici, beleids- en programmamakers en uitgevers van lesmethoden.

Toekomst

Proportionering en aanpassing van het curriculum betekent schrappen en keuzes maken.

Door keuzes te maken en prioriteit te geven aan een evenwichtige verdeling van de twee aspecten van de wiskunde in het curriculum, en de toepasbaarheid van de wiskunde meer te benadrukken met behulp van voorbeelden uit de natuurwetenschappen, ontstaat een sterk wiskundeprogramma, dat een duidelijke rol kan vervullen in de natuurprofielen. Met de herziening van de natuurwetenschappelijke curricula moet wiskunde zich ook actief bemoeien en een duidelijke inbreng eisen. Een dergelijke wisselwerking maakt dat de natuurprofielvakken samen sterk staan en dat komt het natuurwetenschappelijk onderwijs alleen maar ten goede!

Gabby Zegers, Ad Mooldijk en Harrie Eijkelhof, CDβ

CDβ is het centrum voor didactiek van wiskunde en natuurwetenschappen van de Universiteit Utrecht. Het centrum stimuleert de samenwerking tussen de vakken natuurkunde, scheikunde, biologie en wiskunde. Voor meer informatie zie www.cdbeta.uu.nl

Verder lezen

BPS (2002). *Didactiek voor de β-vakken in de tweede fase van het havo/vwo: Een bundel artikelen*. Utrecht: CDβ.

Te verkrijgen via www.fi.uu.nl/bps/, de losse artikelen zijn hier te downloaden.

Institute of Physics (1999). *Shaping the future: Physics in Mathematical Mood*. Londen: The Institute of Physics.

Te verkrijgen via <http://post16.iop.org/> onder 'Shaping the future'.

OCenW (2003). *Ruimte laten en keuzes bieden in de tweede fase havo en vwo*. Zoetermeer: OCenW.

Te lezen en te downloaden via <http://www.minocw.nl/tweedefase/ruimte2efase/index.html>

SLO (2001). *Vakdossiers 2000: Natuurwetenschappelijke vakken*. Enschede: SLO.

Te verkrijgen via www.slo.nl onder de button voortgezet onderwijs – Tweede fase/studiehuis – Vakdossiers tweede fase.

SLO (2002). *Vakdossiers 2001: Natuurwetenschappelijke vakken*. Enschede: SLO.

Te verkrijgen via www.slo.nl onder de button voortgezet onderwijs – Tweede fase/studiehuis – Vakdossiers tweede fase.

Tweede Fase Advies Punt (2001). *Eindverslag schoolbezoeken: De implementatie van de vernieuwingen in de tweede fase van havo en vwo*. Den Haag: Tweede Fase Advies Punt.

Te verkrijgen via www.tweedefaseadviespunt.nl onder het kopje Files downloaden – Monitoring tweede fase.

Verkenningcommissie scheikunde (2002). *Bouwen aan scheikunde*. Enschede: SLO.

Te verkrijgen via www.tweedefaseadviespunt.nl onder het kopje Files downloaden – Overige publicaties.

Zegers, G.E., K.Th. Boersma, M. Wijers, A. Pilot. & H.M.C. Eijkelhof (2002). *SONaTe in het studiehuis. Onderzoek naar good practice op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de tweede fase*. Delft: Stichting Axis.

Te verkrijgen via www.platform-axis.nl onder '...met AXIS' – Publicaties.

Noot

[1] Zie de website voor actuele informatie over het SONaTe onderzoek: www.cdbeta.uu.nl/sonate.shtml