

Vanaf augustus 2007 kunnen scholen het interdisciplinaire examenvak natuur, leven en technologie (NLT) aanbieden. Wiskunde is een van de deelnemende vakken in NLT. **Josien Heijn** en **Jenneke Krüger** laten iets zien van de plaats van wiskunde in dit jonge vak, zowel in de ontwikkeling als in het lesmateriaal en de (mogelijke) rol van wiskundedocenten in ontwikkeling en uitvoering. Mogelijkheden voor afstemming met wiskunde D worden aangestipt.

Wiskunde in NLT

Leerling: Wat heb je eigenlijk aan wiskunde?

Docent: Wiskunde is heel nuttig, je hebt het later nodig als je gaat studeren.

Inleiding

Alle studierichtingen die, al is het maar in de verte, iets met bèta te maken hebben, stellen wiskunde verplicht. Hoe komt het dat leerlingen die een N-profiel volgen op VWO en HAVO zo weinig van nut en noodzaak van wiskunde merken? Over het algemeen moeten leerlingen maar geloven dat wiskunde een belangrijk vak is voor andere bètarichtingen; binnen het gangbare onderwijs van HAVO en VWO is daar weinig van terug te vinden. Bij wiskunde worden sommen gemaakt. Bij andere vakken wordt wel eens wat berekend, er staat wel eens een formule, maar veel lijken wiskunde en de overige vakken niet met elkaar te maken te hebben.

Hoe zit dat bij natuur, leven en technologie (NLT), een nieuw interdisciplinair profielkeuzevak voor de N-profielen? Enkele citaten:

‘NLT-onderwijs laat leerlingen ondervinden dat.... in wetenschap en technologie gebruik van begrippen, algoritmes en heuristieken uit wiskunde en informatica vaak noodzakelijk is.’

Uit: *Contouren van een nieuw bètavak* (2007).

‘Domein B: Fundament van wetenschap en technologie
De kandidaat kan een aantal voor de natuurwetenschap belangrijke wiskundige technieken en ontwikkelingen toepassen, dan wel enkele recente theorieën uit de fundamentele natuurwetenschap uitleggen.’

Uit: examenprogramma HAVO:(www.slo.nl)

‘Domein B: Taal van de natuurwetenschap
De kandidaat kan relevante concepten en technieken uit wiskunde en/of informatica toepassen op natuurwetenschappelijke of technologische vraagstukken.’

Uit: examenprogramma VWO (www.slo.nl)

Een ambitieuze doelstelling voor wiskunde dus, waarbij men zich moet realiseren dat het niet in de eerste plaats de bedoeling van NLT is om alleen interessante of diepe wiskunde te laten zien. Er is plaats voor modules die in

hoofdzaak wiskundig verdiepend zijn, maar in de meeste gevallen zal wiskunde als gereedschap voorkomen. Gereedschap waarvan een leerling goed moet weten hoe het te gebruiken, op verschillende niveaus, afhankelijk van de doelgroep. Die doelgroep kan variëren van leerlingen in 4 HAVO met wiskunde A tot leerlingen in 6 VWO met wiskunde B.

Wat zien we terug in de lesmaterialen van de wiskundige ambities voor NLT? Welke rol spelen docenten wiskunde in NLT? Wat zijn ervaringen van leerlingen ten aanzien van het belang van wiskunde?

NLT?

NLT is een interdisciplinair profielkeuzevak voor leerlingen met een N-profiel, waarin tenminste biologie, fysieke geografie, natuurkunde, scheikunde en wiskunde vertegenwoordigd zijn. Informatica speelt een belangrijke rol. Het heeft de omvang van een groot examenvak (320 uur op HAVO, 440 uur op VWO) en wordt in zijn geheel afgesloten met een schoolexamen. De doelstellingen bepalen mede enkele karakteristieken van NLT. Enkele doelstellingen die we in dit verband willen noemen zijn:

- leerlingen zich laten oriënteren op een breed spectrum van vervolgstudies en beroepen,
- leerlingen het belang laten ervaren van interdisciplinaire samenhang in de ontwikkeling van wetenschap en technologie,
- meer keuzemogelijkheden bieden voor docenten en leerlingen in het bètaonderwijs op school, aansluitend op de expertise van docenten, de interesse van leerlingen en de mogelijkheden die de regio biedt (vanwege aanwezige instituten en bedrijven),
- bètaonderwijs beter laten aansluiten op nieuwe ontwikkelingen in samenleving, wetenschap en technologie in wisselwerking met het hoger onderwijs, onderzoeksinstituten en het bedrijfsleven.

De Stuurgroep NLT heeft er voor gekozen om de vakinhoud te laten ontwikkelen in de vorm van vijftig modules van elk 40 sl, en om bij de ontwikkeling van elke module zowel docenten VO als experts uit HO of relevante be-

roepen te betrekken. De ontwikkeling van modules wordt gecoördineerd en aangestuurd door een projectgroep, het Landelijk Ontwikkelpunt (LOP). De onderwerpen voor de modules (die gezamenlijk de vakinhoud vormen) passen binnen het examenprogramma (zie figuur 1) en zijn vaak afkomstig uit hoger onderwijs of bedrijfsleven.

Het examenprogramma van HAVO bestaat uit de volgende domeinen:

- Domein A: Vaardigheden
- Domein B: Taal van de natuurwetenschap
- Domein C: Bedreiging en behoud van de leefomgeving
- Domein D: Zorgen en genezen
- Domein E: Opsporen en beschermen
- Domein F: Verbetering van de kwaliteit van leven
- Domein G: Grenzen verleggen
- Domein H: Communiceren en navigeren
- Domein I: Gemak dient de mens

Het HAVO-schoolexamen heeft betrekking op het gehele domein A in combinatie met

- domein B
- tenminste twee van de domeinen C t/m E
- tenminste twee van de domeinen F t/m I

Het examenprogramma van VWO bestaat uit de volgende domeinen:

- Domein A: Vaardigheden
- Domein B: Fundament van wetenschap en technologie
- Domein C: Aarde en klimaat
- Domein D: Stellaire informatie en processen
- Domein E: Biofysica, -chemie en -informatica
- Domein F: Biomedische technologie en biotechnologie
- Domein G: (Duurzaam) gebruik van grondstoffen, energie en ruimte
- Domein H: Materialen, proces- en productietechnologie
- Domein I: Werktuigen, voertuigen en producten

Het VWO-schoolexamen heeft betrekking op het gehele domein A in combinatie met

- domein B
- tenminste twee van de domeinen C t/m E
- tenminste drie van de domeinen F t/m I

fig. 1 de domeinen van het examenprogramma

Scholen kunnen NLT aanbieden vanaf augustus 2007. Het onderwijs in NLT wordt verzorgd door een team van eerstegraadsdocenten met bevoegdheid in een of meer van bovengenoemde vakken.

Op het moment van schrijven (juli 2008) zijn 21 modules gecertificeerd (11 HAVO, 10 VWO). Het plan is om in 2010 tenminste 50 gecertificeerde modules beschikbaar te hebben (20 HAVO, 30 VWO). Leerlingenmateriaal van de modules is vrij beschikbaar voor onderwijsdoeleinden via de website van NLT (www.betavak-nlt.nl).

NLT-modules

Een evaluatie van alle tot nu toe ontwikkelde modules levert op dat veel modules een flinke natuurkundige en/of biologische component hebben, maar wel duidelijk interdisciplinair zijn. Ook zijn er modules die hoofdzakelijk bestaan uit een van de betrokken vakken met een kleine inbreng van andere vakken. Er is een veelheid aan onderwerpen, waarbij een groot deel van de modules uit het oogpunt van wiskundeonderwijs interessant is, ook als er geen directe, voor de leerling nieuwe, wiskundige kennis in voorkomt. Wiskunde leren gebruiken is per slot een belangrijke doelstelling van ons wiskundeonderwijs. Er bestaan grote verschillen in niveau, diepgang en aanpak van modules: in de ene module worden leerlingen stap voor stap aan de hand meegenomen, in een andere worden bredere opdrachten aangeboden waarbij leerlingen zelf de benodigde kennis moeten vergaren om tot een oplossing te komen. Zo is er ook variatie in de hoeveelheid open en gesloten opdrachten. Dit biedt de mogelijkheid als school en als docent de modules te selecteren die aansluiten bij de interesse en mogelijkheden van docententeam en leerlingen.

In de modules worden, naast vakkennis, veel vaardigheden van leerlingen aangesproken: samenwerken, presenteren, het uitvoeren van practica (en verwerken van resultaten), logisch denken, leren door doen en het toepassen van nieuwe kennis.

Wiskunde in NLT-modules

Bij de ontwikkeling van NLT-modules zijn docenten van de verschillende vakken betrokken, ook docenten wiskunde. De eerste versie van een module wordt geëvalueerd door verschillende belanghebbenden, onder andere leerlingen, docenten van verschillende vakken en inhoudelijke experts. Om de kwaliteit van het lesmateriaal voor dit nieuwe vak te waarborgen, hanteert de Stuurgroep een keurmerk; het NLT-certificaat (zie figuur 2).



fig. 2 het NLT-certificaat

Om voor certificering in aanmerking te komen, worden modules geanalyseerd op zo'n 25 items, waaronder twee expliciet wiskundig. Zie figuur 3.

Werken met formules

Werk met formules als ‘weergave van de werkelijkheid’ in plaats van als ‘rekenvoorschrift’. Als leerlingen zien wat formules betekenen (waarom ze er zo uitzien), leidt dat tot begrip; als ze alleen moeten invullen en uitrekenen leidt het tot ‘trucjes uitvoeren’. Kijk steeds kritisch welke formules leerlingen zelf kunnen afleiden, kijk ook welke formules met een beetje uitleg in elk geval te begrijpen moeten zijn (zonder het zelf te kunnen afleiden).

Zichtbaarheid wiskunde

Een van de doelen van NLT is leerlingen te laten zien dat wiskunde de taal is van wetenschap en technologie. Maak dat expliciet op de plekken waar dat mogelijk is.

Bron: Analyserapport LOP-NLT

fig. 3 wiskundige criteris voor certificering

Dit betekent niet dat er koste wat kost wiskunde in een module moet zitten: wiskunde moet passen in het onderwerp. Nu (juli 2008) zijn de meeste modules uit de eerste drie series ontwikkeld en getest (er worden vier series modules ontwikkeld). In het merendeel van de modules komt wiskunde voor, maar de hoeveelheid en het niveau van de wiskunde wisselen sterk per module. Waar aanwezig, wordt wiskunde gebruikt en toegepast in praktische situaties, het biedt hulp bij het verwerken van (meet)gegevens, het inzien van wat nodig is voor het maken van berekeningen en het leggen van verbanden. Soms is dit in een aparte paragraaf, maar meestal is de wiskunde ingebed in het onderwerp. Een enkele keer wordt nieuwe of echt diepgaande wiskundige kennis opgenomen.

Wiskundige vaardigheden die in het merendeel van de modules voorkomen, zijn: rekenen met, afleiden en herschrijven van (veelal natuurkundige) formules, het tekenen en aflezen van grafieken en diagrammen, het verwerken van meetresultaten en -gegevens, en het vinden van en werken met verbanden en verhoudingen tussen grootheden. Ook wordt bij een deel van de modules gebruikgemaakt van de grafische rekenmachine of verwerkingsprogramma's als Coach, Excel of Powersim. Een vaak gehoorde klacht uit het hoger onderwijs is dat leerlingen gebrekkige formulevaardigheid tonen. NLT biedt volop gelegenheid de formulevaardigheid te verbeteren, op een vanzelfsprekende manier.

Onderwerpen die in meerdere modules terugkomen, zijn bijvoorbeeld periodieke bewegingen/functies (in het geval van licht, beeld en geluid), kansrekening en statistiek (combinaties, conditionele kansen, kansverdelingen), exponentiële en logaritmische functies en het werken met hoeken, doorsneden en plattegronden. Ook zijn er modules die specifieke nieuwe onderwerpen uit de wiskunde

behandelen, zoals dynamisch programmeren, lineair programmeren en het Bayes-model in de statistiek.

NLT en wiskunde D

Er is enige overlap tussen NLT en wiskunde D. De mogelijkheid bestaat modules in de vrije ruimte uit te wisselen. We noemen enkele voorbeelden:

In de vrije ruimte bij NLT kan op het VWO gebruikgemaakt worden van voor wiskunde D ontwikkelde modules, zoals de modules Beslissen, Complexe getallen en Cryptografie (zie www.ctwo.nl). Op het ogenblik zijn er tenminste vier NLT-modules, drie HAVO en één VWO, die binnen wiskunde D gebruikt kunnen worden. Deze worden beschreven in ‘Voorbeelden van wiskundige modules’.

Voorbeelden van wiskundige modules

Zoals al aangegeven, zijn er veel modules waarin wiskunde ondersteunend is, maar geen hoofdrol speelt en ook enkele waar geen wiskunde in voorkomt. Daarnaast zijn er echter ook modules die hoofdzakelijk wiskunde bevatten of die een zo grote hoeveelheid wiskunde bevatten dat een wiskundedocent vrijwel onmisbaar is. Eerst volgt een beschrijving van een aantal van deze meer wiskundige modules, daarna van enkele modules waarin wiskunde een rol speelt die minder groot is. Het betreft voorbeelden van de stand van zaken in juli 2008, de ontwikkeling van modules is nog in volle gang.

Modules vrijwel geheel wiskundig, geschikt voor keuze-ruimte wiskunde D

- H002 Dynamisch modelleren (eind 4 HAVO, begin 5 HAVO).
In deze module wordt het bouwen van en werken met dynamische modellen behandeld in contexten vanuit diverse vakgebieden. Er wordt gestart met een eenvoudig model, wat aangepast wordt tot een meer realistisch model. Ook worden de modellen getest aan de werkelijkheid met behulp van metingen van experimenten of beschikbare gegevens op internet. Er wordt gebruik gemaakt van Powersim of Coach.
- H018 Beter door praktische logistiek (eind 4 HAVO of 5 HAVO).
In deze module leren leerlingen stapsgewijs praktische (logistieke of transport)problemen te vertalen naar een wiskundig model met (stelsels van) lineaire vergelijkingen en ongelijkheden. Bij het oplossen wordt gebruikgemaakt van lineair programmeren (en dus ook de Simplex methode) en Excel Solver.
- H019 Statistiek en technologie 1 (4 HAVO).
Deze module geeft inzicht in het bepalen van de verdeling van gegevens, vooral de normale verdeling (een groot deel herhaling, maar toch ook verdieping, voor wiskunde A en D leerlingen), en gaat hierin verder wat betreft het nemen van steekproeven, statistische significantie en het toetsen van hypothesen. Aan het eind van de module kan de leerling op grond

van een steekproefresultaat een (statistisch) verantwoorde beslissing nemen bij problemen die een rol spelen in de technologie. Er wordt gebruik gemaakt van Excel en de grafische rekenmachine.

- V102 Dynamisch modelleren (5 vwo).
Leerlingen ontdekken in deze module hoe complexe natuurwetenschappelijke verschijnselen met behulp van dynamische modellen wiskundig beschreven kunnen worden, en hoe deze modellen gebruikt kunnen worden om de verschijnselen te voorspellen en beter te begrijpen. Hierbij wordt Powersim gebruikt. Bij deze module is ook natuurkundige kennis (mechanica, eigenschappen van krachten) nodig; er is ook een biologische uitwerking (keuzeopdrachten).

Modules waarbij wiskunde een flinke rol speelt

- H003 Aërosolen en vuile lucht (4 HAVO).
Deze module gaat in op aërosolen, welke stoffen een rol spelen bij luchtvervuiling en de factoren bij klimaatverandering. Er wordt veel natuurkundige kennis aangeboden (en er worden metingen verricht, die verwerkt moeten worden), maar ook algemene wiskundige vaardigheden worden aangesproken, het rekenen aan goniometrische formules en hun eigenschappen, werken met logaritmische schaalverdeling en het gebruik van Excel.
- H009 Plaatsbepaling en navigatie (4 HAVO).
In deze module werken leerlingen met kaarten (Google Earth), windrichtingen, geografische en rechthoekige coördinaten, het bepalen van een route en het uitrekenen van een kortste route. Ze leren plaatsbepaling met behulp van hemellichamen en GPS. Er is een keuzeopdracht die ingaat op driehoeksmetingen en de sinusregel. De module heeft een sterk aardrijkskundig karakter, met wiskunde en een beetje natuurkunde.
- V104 MP3-speler (5 vwo).
Deze module gaat in op meerdere kanten van de MP3-speler: signaalverwerking van analoog naar digitaal, geluid, sinusoiden en muziek. Er komt veel wiskunde in voor, met name periodieke functies, maar ook rekenen met logaritmische schaal en functie, en wat statistiek. Ook wordt er gewerkt met het binaire getalstelsel en wordt modulo-rekenen ingeleid en toegepast.
- V108 Meten aan melkwegstelsels (5 of 6 vwo).
Met gebruikmaking van zeer precieze sterrenkundige waarnemingen wordt door leerlingen aangetoond dat er zich een immens grote massa in het centrum van ons melkwegstelsel moet bevinden. Deze module is vooral natuurkundig. Wiskunde is erg zichtbaar in de vele berekeningen die het begrip van de natuurkundige formules vergroten en in het gebruik ervan om de juistheid van formules te bevestigen en uitspraken te kunnen doen over het melkwegstelsel.
- V112 Waterstofauto (5 of 6vwo).
De leerlingen verdiepen zich in het hart van een waterstofauto: de brandstofcel en zijn mogelijke opslagvor-

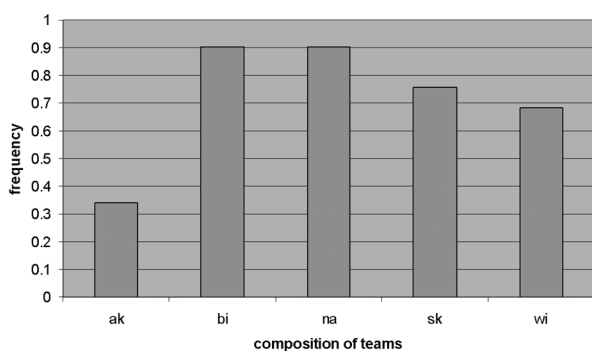
men. Ze maken een natuurkundig en wiskundig model van de krachten op de auto en bepalen hoeveel brandstofcellen nodig zijn voor een bepaalde snelheid. Er wordt veel gerekend met en aan formules. Er moeten regelmatig veel gegevens gecombineerd worden, en leerlingen moeten uit een veelheid van data de benodigde gegevens halen om de gevraagde berekeningen uit te voeren. Ook moeten ze schattend rekenen.

- V116 Leven met robots (vwo).
Leerlingen raken vertrouwd met sensoren en reactief gedrag bij robots, gebaseerd op kennis over gedrag bij dieren. Ook wordt meer complex gedrag bestudeerd aan de hand van eenvoudige, zelf te ontwikkelen computermodellen, in de vorm van een practicum met kleine robots die de leerlingen zelf leren programmeren. Leerlingen krijgen te maken met logica en werken met getalstelsels en een algoritme. Het programmeren vereist een stelselmatige manier van denken, een meer 'algemene' vaardigheid onder andere opgedaan bij wiskunde.
- V119 Holografie (6vwo).
In deze module wordt theorie behandeld die nodig is om de werking van een hologram te begrijpen. Leerlingen leren hoe ze zelf een hologram kunnen maken. Hierbij is veel natuurkundige kennis nodig, maar naast scheikunde speelt ook wiskunde een grote rol. Leerlingen werken met formules en grafieken en rekenen veel aan goniometrische functies (inclusief formules van Simpson) en hun eigenschappen.

Wiskundedocenten in NLT

Wiskundedocenten dragen bij aan de ontwikkeling van lesmateriaal. Hoe staat het met hun bijdrage aan onderwijs in NLT? Uit eerdere onderzoeken naar samenwerking tussen docenten van bètavakken komt naar voren dat wiskundedocenten relatief weinig samenwerken met collega's van andere vakken. NLT kan niet door één docent gegeven worden; daarvoor zijn de onderwerpen te divers en is het inhoudelijk niveau van een aantal modules te hoog. De Stuurgroep heeft voor scholen die NLT aanbieden de eis gesteld dat het onderwijs verzorgd wordt door een team van minimaal drie docenten, met tenminste drie verschillende eerstegraadsbevoegdheden in de volgende vakken: biologie, geografie (met specialisatie fysische geografie), natuurkunde, scheikunde, wiskunde. Het is dus mogelijk om een NLT-team te vormen zonder docenten wiskunde.

Als scholen melden dat ze NLT willen invoeren, wordt op het registratieformulier onder andere gevraagd naar de geplande samenstelling van het NLT-team. In het voorjaar van 2008 is een survey naar scholen gestuurd met onder andere de vraag naar de actuele samenstelling van het NLT-team. Voor een overzicht van de gerealiseerde samenstelling (april 2008) zie figuur 4.



Bron: LOP (Berenice Michels, ongepubliceerd)

fig. 4 *Samenstelling docententeam NLT (april 2008)*

De deelname van wiskundedocenten aan docententeams NLT is conform de geplande deelname zoals door scholen tot juni 2007 is gemeld. En ze is dus hoger dan op basis van eerdere onderzoeken te verwachten was (zie SONATE). Docenten NLT, ook wiskundedocenten, blijken desgevraagd de samenwerking met collega's van andere vakken een positief aspect van NLT te vinden.

Een deel van de meerwaarde voor een docent wiskunde om mee te werken in het NLT-docententeam is gelegen in de mogelijkheid zicht te krijgen op de kennis en vaardigheden van leerlingen in andere vakgebieden, de mogelijkheid mee te kijken 'in de keuken' van de collega's van andere (NLT-)vakken en de mogelijkheid diezelfde collega's te laten delen in concepten en werkwijzen bij wiskunde. Evenzo belangrijk is de kans om de leerlingen wiskunde te laten gebruiken in situaties die veel lijken op wat ze in een studie of beroep tegenkomen. Voorwaarde is wel dat de schoolleiding enige compensatie biedt voor de extra tijd en energie die zowel het leren werken in een team als de introductie van een nieuw vak kosten.

Leerlingen

Over de ervaringen van leerlingen is nog niet veel bekend, we kunnen er nog niet veel over melden.. Het LOP zal in de komende periode zowel bij docenten als leerlingen peilingen naar de ervaringen uitvoeren. We weten dat bij de start

van de invoering relatief veel leerlingen voor NLT kozen, verrassend gezien de onbekendheid met het vak. Uit een nog niet gepubliceerd survey van het LOP blijkt dat van de scholen die reageerden 19% tenminste twee HAVO-klassen NLT en 27% tenminste twee VWO-klassen NLT had gevormd.

Docenten geven aan dat hoewel de eerste indruk van NLT (bij de startmodules) vaak die van een makkelijk vak is, leerlingen daarna ervaren dat NLT behoorlijke inspanning vereist. Maar leerlingen vinden met name het sterk praktische aspect van NLT aantrekkelijk. Inspanning eisen kan overigens positief zijn, zoals enkele leerlingen die we spraken lieten weten. Wat betreft vakaspecten signaleren docenten tot nu toe voornamelijk problemen van leerlingen met gebrek aan natuurkundige voorkennis; over problemen op dit gebied met wiskunde zijn er tot nu toe geen berichten. Het komende jaar zal het LOP een aantal activiteiten ondernemen om de gang van zaken en met name ervaringen van leerlingen, te peilen en te evalueren. Daarbij zullen we ook de ervaringen met de wiskundige component betrekken.

Na één jaar

Het aantal scholen dat NLT aanbiedt, neemt nog steeds toe. Dit vak biedt interessante mogelijkheden, ook voor docenten wiskunde. Een aantal scholen biedt overigens zowel wiskunde D als NLT aan, dat schept voor docenten wiskunde, en niet te vergeten de leerlingen, nog meer kansen om twee interessante en verrijkende vakken te volgen; vakken die docenten, mede door het ontbreken van het keurslijf van een centraal examen, volop mogelijkheden bieden om samen met collega's kwalitatief hoogstaand onderwijs te verzorgen. Een onderwerp waar we niet op in konden gaan, is de rol die Regionale Steunpunten NLT aan scholen bieden bij het onderwijs in NLT. Voor meer informatie daarover zie de website van het LOP (www.betavak-nlt.nl).

Josien Heijn
SG Huizermaat, Huizen
Jenneke Krüger
SLO, Enschede, j.kruger@slo.nl